STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON

(1883-1899)

# CHIMIE VÉGÉTALE
# ET AGRICOLE

PAR

M. BERTHELOT

SÉNATEUR, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE

## TOME DEUXIÈME

RECHERCHES GÉNÉRALES SUR LA VÉGÉTATION
ACTIONS CHIMIQUES DE LA LUMIÈRE

PARIS

MASSON ET Cie, ÉDITEURS
120, Boulevard Saint-Germain

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins

1899

# CHIMIE VÉGÉTALE

## ET AGRICOLE

# ŒUVRES DE M. BERTHELOT

## OUVRAGES GÉNÉRAUX

**La Synthèse chimique**, 8e édition, 1897. In-8. Chez Félix Alcan.

**Essai de Mécanique chimique**, 1879. 2 forts volumes in-8. Chez Dunod.

**Sur la force des matières explosives d'après la thermochimie**, 3e édition, 1883. 2 volumes in-8. Chez Gauthier-Villars.

**Thermochimie : Données et lois numériques**, 1897. 2 vol. in-8. Chez Gauthier-Villars.

**Traité élémentaire de Chimie organique**, en commun avec M. Jungfleisch, 4e édition, 1898-1899. 2 volumes in-8. Chez Dunod.

**Traité pratique de calorimétrie chimique**. In-18, 1893. Chez Gauthier-Villars et Masson.

**Chaleur animale : Principes chimiques de la production de la chaleur chez les êtres vivants**. In-18, 1899. Chez Gauthier-Villars et Masson.

**Les Origines de l'Alchimie**, 1885. In-8. Chez Steinheil.

**Collection des anciens Alchimistes grecs**, texte et traduction, avec la collaboration de M. Ch.-Em. Ruelle, 1887-1888. 3 volumes in-4. Chez Steinheil.

**Introduction à l'étude de la Chimie des anciens et du moyen âge**, 1889. In-4. Chez Steinheil.

**La Révolution chimique : Lavoisier**, 1890. In-8. Chez Félix Alcan.

**Histoire des Sciences : La Chimie au moyen âge**. 3 volumes in-4, 1893 : *Transmission de la science antique. L'Alchimie syriaque. L'Alchimie arabe.* Chez Leroux.

**Science et Philosophie**, 1886. In-8. Chez Calmann Lévy.

**Science et Morale**. In-8, 1897. Chez Calmann Lévy.

**Renan et Berthelot : Correspondance**. In-8, 1898. Chez Calmann Lévy.

## LEÇONS PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

**Leçons sur les méthodes générales de Synthèse en Chimie organique**, professées en 1864. In-8. Chez Gauthier-Villars.

**Leçons sur la Thermochimie**, professées en 1865; publiées dans la *Revue des Cours scientifiques*. Chez Germer-Baillière.

**Même sujet**, en 1880. *Revue scientifique*. Chez Germer-Baillière.

**Leçons sur la Synthèse organique et la Thermochimie**, professées en 1881-1882. *Revue scientifique*. Chez Germer-Baillière.

## OUVRAGES ÉPUISÉS

**Chimie organique fondée sur la Synthèse**, 1860. 2 forts volumes in-8. Chez Mallet-Bachelier.

**Leçons sur les principes sacrés**, professées devant la Société chimique de Paris en 1862. In-8. Chez Hachette.

**Leçons sur l'Isomérie**, professées devant la Société chimique de Paris en 1863. In-8. Chez Hachette.

3591-98. — Corbeil. Imprimerie Éd. Crété.

STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON
(1883-1899)

# CHIMIE VÉGÉTALE
# ET AGRICOLE

PAR

**M. BERTHELOT**
SÉNATEUR, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE

## TOME DEUXIÈME

RECHERCHES GÉNÉRALES SUR LA VÉGÉTATION
ACTIONS CHIMIQUES DE LA LUMIÈRE

PARIS
MASSON ET C^ie^, ÉDITEURS
120, Boulevard Saint-Germain
LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS
55, Quai des Grands-Augustins

1899

# TABLE DES DIVISIONS

## DU TOME II

---

RECHERCHES GÉNÉRALES SUR LA VÉGÉTATION.



### LIVRE I



### LIVRE II

**Sur les actions chimiques produites par les énergies lumineuses.**

# CHIMIE VÉGÉTALE ET AGRICOLE

## STATION DE CHIMIE VÉGÉTALE DE MEUDON

## 1883-1899

### INTRODUCTION

Depuis l'époque déjà lointaine (1850), où j'ai commencé ma carrière de chimiste, je n'ai cessé de m'occuper de l'étude des principes immédiats des plantes et des animaux et de leur formation synthétique, soit par l'art des laboratoires, soit dans les conditions de leur vie naturelle.

Je crois devoir rappeler ici brièvement les principales recherches que j'avais faites dans cette direction, avant la fondation de la Station de Chimie végétale de Meudon, afin de montrer l'enchaînement et la suite méthodique de mes travaux.

Après avoir débuté par quelques recherches sur les carbures isomères de l'essence de térébenthine, j'ai réalisé, en 1854, la synthèse des corps gras naturels, tels que la stéarine, la margarine, l'oléine, la butyrine, etc., j'ai établi les lois générales qui président à leur constitution chimique et j'ai découvert le caractère polyatomique de la glycérine, origine féconde d'une multitude d'autres travaux. C'est ainsi qu'en m'occupant ensuite des glucoses et des sucres, dont j'ai reconnu également, en 1855, le caractère d'alcool polyatomique, ignoré jusque-là — ce qui m'a permis de rattacher ces principes et leurs dérivés polyglucosiques, tels que hydrates de carbone, amidon, celluloses, etc., aux théories générales de la chimie organique — j'ai établi que la mannite et ses isomères en sont les vrais alcools générateurs.

J'ai découvert à cette occasion, dans les exsudations sucrées des plantes (1), toute une série de corps isomères avec le sucre de canne, ou doués d'une constitution analogue, les saccharoses, tels que le tréhalose, le mélézitose, le mélitose ou raffinose.

J'ai également observé la fermentation alcoolique de la mannite et de la glycérine (2), la production synthétique de sucres véritables par fermentation de la glycérine (3), la fermentation glucosique et le ferment soluble inversif du sucre de canne (4), que j'ai trouvé dans les cellules de la levure de bière et qui a été reconnu depuis dans les fruits.

Les idées générales que j'avais formulées à cette époque sur le rôle des microrganismes dans les fermentations, sont aujourd'hui généralement acceptées : je veux dire que, refusant d'envisager les microbes comme produisant, par le fait physiologique de leur vie, les transformations chimiques accomplies sous leur influence, je les ai regardés comme les simples producteurs des ferments proprement dits, c'est-à-dire des composés qui développent réellement, par des procédés purement chimiques, la métamorphose qui s'accomplit. Cette vue est aujourd'hui adoptée, dans la plupart des cas, par les médecins et physiologistes qui s'occupent des maladies contagieuses et épidémiques, provoquées et entretenues par les microbes.

J'avais également commencé l'étude de la formation du sucre de canne au sein des fruits, en commun avec le regretté Buignet ; travail dans lequel nous avons découvert l'existence du sucre de canne dans les fruits acides (5), et la

(1) Mélitose, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVI, p. 66 (1855); tréhalose, mélézitose, t. LV, p. 269 (1858), et t. LXVII, p. 82 (1861).

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. L, p. 322 (1856).

(3) *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 652 et 657.

(4) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. L, p. 980 (1860).

(5) *Journal de Pharmacie*, 3e série t. XXXVI, p. 186; 1859.

On trouvera dans ce même volume, p. 88, l'indication des méthodes d'analyse que j'avais adoptées à cette époque pour ce genre de recherches.

formation du sucre de canne, pendant la maturation des oranges (1). Buignet a poursuivi seul la première étude. Quant à la seconde, nous avions exécuté ensemble une longue série d'expériences, dont les notes détaillées ont été perdues chez lui, par suite d'un accident; mais le résultat général était conforme à celui de nos premiers essais.

Une étude sur la formation de l'acide oxalique dans les *Oxalis* avait été commencée à la même époque, avec le concours du très regretté Vilmorin père, qui avait mis ses champs de culture et sa grande expérience à ma disposition, il y a quarante ans.

La mort prématurée de ce savant arrêta les expériences déjà assez avancées. Je les ai reprises à Meudon et j'en exposerai les résultats dans le troisième volume.

Les phénomènes d'hydratation et de déshydratation, qui se passent dans les végétaux, donnent lieu à des études non moins importantes. J'ai mis en évidence notamment, en 1865, et caractérisé, par des données théoriques et expérimentales précises, les dégagements de chaleur et les réserves d'énergie qui en résultent : réserves liées intimement avec les phénomènes de fermentation et avec les conditions génératrices des synthèses.

La formation des éthers dans les vins et vinaigres s'y rattache également (2).

C'est à la fixation de l'oxygène et aux phénomènes d'oxydation que se rapportent les expériences relatives à la formation des acides organiques dans les plantes, celle de l'acide oxalique notamment, les essais relatifs à l'acide tartrique engendré dans la vigne [en commun avec M. de Fleu-

(1) *Comptes rendus*, t. LI, p. 104; 1860.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. I, p. 327; 1864. — *Comptes rendus*, t. XXXVIII, p. 625; 1879. — Le présent ouvrage, t. IV.

rieu (1)], ainsi que des recherches personnelles sur l'oxydation et le bouquet du vin (2); recherches qui seront transcrites dans le quatrième volume du présent ouvrage.

Dès que la fondation de la Station de Chimie végétale m'a placé dans les conditions convenables, j'ai repris tout cet ordre de questions. Des méthodes nouvelles et précises nous ont permis d'ailleurs de les attaquer avec plus de confiance qu'autrefois.

En revenant ainsi d'une manière systématique sur un genre de recherches qui m'avait toujours intéressé, mais que je n'avais pu autrefois aborder qu'en passant, je me suis aperçu que ces recherches devaient être établies sur une base commune, destinée à servir de point de repère aux comparaisons : je veux parler d'une étude de la marche générale de la végétation, donnant l'*équation chimique de la plante*, comme composition relative et comme poids absolu, à chaque instant et pour chaque période de son développement. Certes, le sujet est immense; la multitude et la diversité des plantes connues sont trop grandes pour qu'on puisse essayer de l'embrasser ainsi d'un seul coup. Mais il suffisait, pour le but que j'avais en vue, de définir la marche de la végétation sur un certain nombre de plantes annuelles, choisies parmi celles que je me proposais d'étudier plus particulièrement, au point de vue de la formation de principes immédiats déterminés. Tel est l'objet du présent volume.

Nous avons donc tâché de définir la composition immédiate de ces espèces, aux diverses époques de leur évolution et dans leurs diverses parties, en la rapportant aux principes fondamentaux constitutifs de leurs tissus. Ajoutons que cette

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. V, p. 77; 1865. — Cet ouvrage, t. IV.

(2) *Comptes rendus*, t. LVII et LVIII. — *Moniteur scientifique*, 1864.

étude ne peut guère être exécutée avec fruit que sur des plantes annuelles. En effet, dans les arbres et arbrisseaux ligneux, la végétation accumule d'année en année des réserves d'hydrates de carbone et d'autres principes : réserves qui, une fois formées, n'entrent plus directement et en totalité dans le cycle des transformations et des échanges incessants entre la plante, le sol et l'atmosphère. Ce n'est pas qu'elles n'y jouent un certain rôle, rôle capital même à certains moments ; mais il est plus difficile à définir que dans les plantes annuelles et il ne pourra être tout à fait précisé que quand les réactions opérées au sein de ces dernières seront exactement connues.

Voilà comment nous avons été conduits à exécuter une série d'analyses sur la marche générale de la végétation. Ces analyses et les déductions qui en résultent font l'objet de deux chapitres, qui constituent, je le répète, l'équation chimique d'une plante annuelle, depuis son origine jusqu'à sa mort : sujet capital pour toutes les études scientifiques ou industrielles, relatives au développement des plantes et à l'agriculture.

# LIVRE I

## CHAPITRE PREMIER

## SUR LA MARCHE GÉNÉRALE DE LA VÉGÉTATION DANS UNE PLANTE ANNUELLE (1)

### PREMIÈRE PARTIE

### Méthodes d'analyse.

Pour définir le développement d'un principe immédiat déterminé dans une plante, il ne suffit pas de rechercher par des analyses la proportion de ce principe dans un échantillon quelconque de la plante, ni même d'en mesurer la proportion, dans les diverses parties de la plante et aux diverses époques de sa vie. Certes, ces analyses sont nécessaires; mais elles ne suffisent pas. En effet, l'étude d'une seule formation exige l'étude complète de la vie de la plante, pendant une période annuelle ; car la vie repose sur un ensemble de fonctions, et l'on ne peut examiner séparément l'une de celles-ci, sans définir, au moins d'une manière générale, ses relations avec le tout dont elle fait partie. C'est ainsi que nous avons été conduits à faire l'analyse totale des plantes étudiées et à établir en quelque sorte l'équation chimique de chacune d'elles, pendant son déve-

(1) Ce travail a été fait en collaboration avec M. André, 1883-1885.

oppement, à partir de la graine qui l'engendre, jusqu'à sa fructification et jusqu'à la reproduction de la graine elle-même.

Nous avons fait en même temps des expériences proprement dites, destinées à varier les conditions physiologiques de l'évolution végétale : ce qui a accru encore le nombre des analyses.

Enfin, dans cet ordre de recherches, ce n'est pas assez d'opérer sur une espèce unique; mais on doit multiplier les termes de comparaison, en prenant d'abord des espèces voisines, appartenant au même genre ou à la même famille ; sauf à appliquer les résultats obtenus à d'autres familles et à des groupes de plus en plus dissemblables. Les études s'étendraient ainsi d'une façon pour ainsi dire illimitée, s'il n'était vécessaire de s'arrêter à de certains groupes, afin d'arriver à des conclusions définies.

Nos recherches ont compris dix espèces botaniques. Ces espèces ont été étudiées pendant la saison de 1883, d'une façon méthodique et comparative, au point de vue de la marche générale de la végétation.

Les espèces expérimentées sont les suivantes :

AMARANTACÉES

*Amarantus melancolicus ruber.*
*Amarantus caudatus.*
*Amarantus nanus.*
*Amarantus bicolor.*
*Amarantus giganteus.*
*Amarantus pyramidalis.*
*Célosie panachée.*

Sans préjudice de diverses autres espèces ou variétés appartenant à la même famille, telles que les *Amarantus sanguineus, paniculatus* et *speciosus.* Ce choix a été déterminé par l'étude simultanée de la formation des azotates, qui sera examinée dans le tome III.

BORRAGINÉES

*Borrago officinalis.*
*Symphytum officinale* (*grande consoude*).

Enfin notre étude a porté sur une plante de la famille des LÉGUMINEUSES, la *luzerne* (*medicago sativa*).

Pour chacune des espèces principales, nous avons exécuté l'analyse complète de la plante et de chacune de ses parties, dans les conditions suivantes de son évolution :

1° Graine ;

2° Plantule, aux débuts de la germination ;

3° Dans certains cas, où la germination avait été opérée sous châssis : petite plante au moment du repiquage ;

4° Plante avant la floraison ;

5° Plante en pleine floraison ;

6° et 7° Plante pendant la fructification ;

8° Plante au moment où elle commence à se dessécher sur pied.

Diverses expériences ont été faites, en outre, telles que la dessiccation de la plante sur pied, la suppression des inflorescences, etc., afin d'examiner l'influence de ces conditions sur le développement des divers principes immédiats et sur celui des différentes parties de la plante.

Les analyses ont eu pour but de déterminer :

1° Les poids absolus et relatifs de la plante, à chacune des époques ci-dessus, ainsi que le poids de ses différentes parties ;

2° Les poids des principes fondamentaux contenus à chaque époque dans la plante totale ;

3° Le poids de ces mêmes principes, dans chacune des parties, toujours à chaque époque de la végétation.

Dans ce but, on fait ensemencer, à l'époque convenable de

l'année, 25 à 50 mètres carrés de terrain, avec la graine de la plante que l'on veut étudier. Pour certaines espèces, on fait lever la graine sous châssis et on la repique ensuite sur le terrain.

On obtient ainsi les végétaux en masse suffisante pour les analyses. Au début, celles-ci portent sur un grand nombre de petits pieds et représentent des moyennes. Plus tard, le nombre des pieds nécessaires diminue de plus en plus. On en prend note exactement, dans chaque analyse.

Voici comment on procède à celle-ci.

### *Division de la plante.*

La plante, arrachée du sol avec toutes ses parties, est pesée et aussitôt partagée en ses diverses parties, lesquelles sont pareillement pesées à mesure, à savoir :

Racines, tige, feuilles, dans tous les cas ;

Et en outre, s'il y a lieu : radicelles, fleurs, pétioles et grosses nervures, lesquelles sont pesées séparément.

Le partage et les pesées doivent être exécutés ***aussitôt après que la plante a été tirée de terre*** et sans attendre un commencement de dessiccation ; celle-ci pouvant avoir pour effet de changer la répartition relative des matières solubles entre les diverses parties de la plante, suivant que l'évaporation, plus ou moins active dans telle ou telle région de la plante, y amène les sucs des végétaux en plus ou moins grande abondance. Il est facile de constater qu'il en est réellement ainsi sur les plantes desséchées sur pied : les azotates, par exemple, s'accumulent alors dans les feuilles et les extrémités, qui n'en contenaient au contraire que des traces dans la plante en pleine activité de vie.

Lorsque la plante est trop petite, aux débuts de la végéta-

tion, par exemple, son fractionnement n'est pas possible et l'on opère sur la plante totale.

*Pesée de ses parties.*

Les pesées doivent être faites aussi rapidement que possible, afin de porter sur les parties de la plante dans l'état même qu'elles affectaient pendant la vie. Il suffit de faire ces pesées préliminaires sur un trébuchet, à un demi-millième près, c'est-à-dire à $0^{gr},01$ ou même à $0^{gr},1$ près dans la plupart des cas : ce qui permet de les effectuer rapidement et avant que les parties de la plante aient eu le temps de perdre de leur poids. La pesée au milligramme, dans la plupart des cas, serait moins exacte en réalité, parce qu'elle est plus lente et que les portions pesées les dernières risqueraient de l'être une heure après les premières, c'est-à-dire après perte d'une certaine dose d'eau.

*Échantillons.*

On prélève ensuite les échantillons destinés aux analyses. Tantôt on opère la dessiccation de la totalité de chaque partie, ce qui est préférable. Dans les cas où il sera nécessaire de la diviser en un certain nombre de fragments, ce partage doit être précédé d'une pesée totale, donnant le poids actuel de la partie examinée, poids inférieur en général à celui que l'on a déterminé après l'arrachage, à cause d'un commencement de dessiccation ; puis l'on détermine aussitôt le poids de chaque fragment. Mais il vaut mieux opérer la dessiccation sur la totalité de chaque partie, telle que la tige, la racine, etc., toutes les fois que la chose est praticable.

Voici maintenant comment l'on procède pour déterminer les matériaux de chacune de ces parties.

### I. — *Eau et matière fixe.*

On prend la partie de la plante envisagée et on la sèche à l'étuve à 110°, pendant douze heures environ, jusqu'à ce que le poids ne varie plus ; de façon à déterminer les quantités relatives d'*eau* et de *matière fixe*, dans chaque partie de la plante.

Cette pesée se fait dans une capsule recouverte d'une lame de verre.

Pour certains échantillons plus hygrométriques, il est parfois utile de placer la matière, après l'avoir privée de la majeure partie de son eau, dans un flacon susceptible d'être bouché à l'émeri pendant la pesée. Dans ce cas, on doit boucher le flacon avant de le sortir de l'étuve, le laisser refroidir avant la pesée, le déboucher un moment pour le remplir d'air sous la pression atmosphérique, puis le reboucher et le peser.

Ces nouvelles pesées, comme toutes celles qui vont suivre, se font sur une balance pesant 500 grammes, à un dixième de milligramme près.

Le poids des diverses parties humides et sèches de la plante étant ainsi déterminé, on en déduit :

Le *poids total de la plante sèche et humide* ;

Et par suite le *poids total de l'eau* qu'elle renfermait.

Ce sont là des données fondamentales, toutes les analyses ultérieures devant être rapportées à ces poids pris pour unités.

Les dernières parties de la plante sèche sont enfermées à mesure, chacune dans un flacon à l'émeri particulier, et dans des conditions telles que l'on puisse en prélever une fraction déterminée pour les analyses qui suivent.

## II. — *Matières minérales : cendres solubles et insolubles.*

Les analyses ont d'abord pour but de connaître le poids des matières minérales. A cet effet, on prend un poids déterminé de matière sèche et on l'incinère dans une petite capsule de platine avec les précautions connues, telles qu'on les trouve dans les traités d'analyse.

Cette incinération doit se faire en chauffant lentement et peu à peu au contact de l'air, de façon à déterminer la combustion à la plus basse température possible, sans projection, sans réduction des phosphates, ou volatilisation des chlorures alcalins. Quand elle est accomplie, la matière étant bien blanche, ou tout au moins grise, on détermine le poids total de la *cendre*.

La matière incinérée dans la capsule est alors arrosée avec de l'eau bouillante, 50 centimètres cubes environ; le dépôt insoluble se rassemble au fond de la capsule. On décante le liquide surnageant, soit directement dans un autre vase, soit au-dessus d'un petit filtre, s'il y a des matières en suspension dans le liquide. Après quatre ou cinq traitements par l'eau chaude, on dessèche lentement la capsule pour chasser l'eau restante, puis on la chauffe plus fortement; enfin on la pèse.

On détermine ainsi le poids de la *cendre insoluble*, et on obtient par différence le poids de la *cendre soluble*.

Comme vérification, nous avons évaporé plusieurs fois l'eau qui avait agi sur la cendre, et nous avons constaté que la partie soluble consistait principalement en *carbonate de potasse*, pour les plantes soumises à notre examen. Une analyse plus détaillée n'entrait pas d'ailleurs dans notre plan.

La cendre insoluble peut être traitée par l'acide chlor-

hydrique étendu, de façon à dissoudre les sels calcaires. Nous avons exécuté ce traitement dans d'autres séries de recherches ; mais il ne rentrait pas non plus dans les études comparatives du cycle présent, déjà suffisamment étendues pour absorber tout le temps des analystes.

### III. — *Composés azotés.*

Les matières minérales fixes étant connues, venons aux autres éléments. Soient d'abord les composés azotés. Ces composés existent dans les végétaux sous trois formes : sels d'ammoniaque, azotates, composés amidés.

1° *Ammoniaque*, ou, pour mieux dire, *sels ammoniacaux*. On les dose à froid, en plaçant la matière dans un vase plat, sous une petite cloche ajustée avec un peu de suif sur une plaque de verre dépolie. Ce vase à fond plat est disposé lui-même au-dessus d'une conserve renfermant de l'acide sulfurique étendu et titré.

On verse sur cette matière, par la tubulure de la cloche, une bouillie de magnésie hydratée. On bouche aussitôt la tubulure et on abandonne le tout, à la température ambiante, pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures ; puis on titre de nouveau l'acide : la perte de son titre est proportionnelle au poids de l'ammoniaque des sels ammoniacaux.

La potasse et les alcalis proprement dits ne doivent pas être employés dans cette analyse, parce qu'ils déterminent, même à froid, un commencement de décomposition de certains amides.

Les sels ammoniacaux existent presque toujours dans les plantes vivantes, mais à dose minime. Aussi l'acide employé dans les titrages est-il de l'acide décime (2 gr. de $SO^3$ dans un litre).

Ce dosage peut même être négligé sans erreur notable, dans la plupart des cas.

Quand on l'accomplit, il est bon de l'exécuter sur la plante fraîche, aussitôt après son arrachement, et avant dessiccation; sauf à rapporter les résultats par le calcul à la plante sèche. En effet, la dessiccation expose à perdre une partie de l'ammoniaque, sous forme de carbonate ou autrement.

2° *Acide azotique.* — Cet acide existe toujours, ou presque toujours, dans les végétaux ; mais la dose en est faible dans la plupart des cas. Comme l'étude de sa formation constituait l'un des objets principaux de nos expériences, nous en avons étudié les procédés de dosage avec un soin particulier : nous exposerons cette étude développée en tête de la deuxième série de nos recherches, partie relative à la formation des azotates par les végétaux.

3° *Azote amidé.* — Cet azote est confondu dans la plupart des analyses des auteurs avec l'azote total ; ce qui est permis, toutes les fois que l'azote ammoniacal et l'azote azotique sont négligeables.

Pour le déterminer, un poids connu de la matière desséchée et privée d'azotate est pulvérisé dans un mortier et mêlé avec dix fois son poids de chaux sodée en poudre ; puis on chauffe le tout dans un long tube de verre dur, au rouge sombre, suivant le procédé classique et avec les précautions connues.

On détermine l'ammoniaque formée dans cette opération, en faisant passer les gaz à travers un tube à boule renfermant un volume connu d'acide sulfurique titré : la perte du titre est proportionnelle à l'ammoniaque.

Pour balayer le gaz de l'appareil à la fin de l'expérience, ainsi que pour éviter l'action oxydante de l'air contenu primitivement dans le tube, nous employons un courant d'hydrogène purifié avec soin (potasse étendue, puis acétate de

plomb et azotate d'argent étendu), que nous faisons passer lentement dans le tube à chaux sodée, dès le début et pendant toute la durée de l'analyse. A cet effet, la pointe effilée du tube est reliée par un caoutchouc avec une petite boule contenant 2 à 3 centimètres cubes d'eau, que l'hydrogène traverse en y barbotant, avant de pénétrer dans le tube à analyse. Cette disposition empêche les reflux gazeux et fournit incessamment aux gaz une certaine quantité de vapeur d'eau, utile au succès des dosages.

Le dosage de l'azote amidé ne donne de bons résultats que si la matière est exempte d'azotate, soit naturellement, soit par suite d'un traitement préliminaire par l'eau pure ou l'alcool aqueux.

Cette élimination des azotates ne peut être réalisée avec sécurité que sur des produits insolubles ou coagulés par la chaleur. Elle est indispensable.

En effet, lorsque la matière renferme des azotates, deux actions contraires peuvent se produire. D'une part, les composés amidés et les azotates peuvent réagir entre eux sous l'influence de la chaux sodée, de façon à diminuer la dose de l'azote changé en ammoniaque : réaction non signalée jusqu'ici et dont nous fournirons tout à l'heure la preuve.

D'autre part, en sens inverse, les azotates peuvent être changés en partie en ammoniaque, pendant le traitement par la chaux sodée, et au moment de la destruction des composés hydrocarbonés. Cette réduction à l'état d'ammoniaque a même été proposée à diverses reprises pour le dosage des azotates. Malheureusement, elle n'est pas totale dans la plupart des conditions connues, ni susceptible d'être réalisée avec certitude ; à l'exception cependant du procédé Kjeldahl, qui est suffisant pour les applications agricoles, quoique moins exact pour les études scientifiques. Dans

les cas de ce genre et avec les matières riches en azotates, les méthodes ordinaires pour doser l'azote par la chaux sodée se trouvent en défaut.

Les chiffres suivants, obtenus dans certaines épreuves spéciales que nous avons exécutées, confirment les faits connus à cet égard, en même temps qu'ils établissent l'influence réciproque des azotates sur les corps amidés. On pourra juger ainsi de toute l'étendue de cette double cause d'erreur.

1° On a pris 50 centimètres cubes d'une solution aqueuse d'albumine d'œuf, on les a évaporés à consistance de sirop, puis mêlés, sans se préoccuper de la coagulation partielle, avec la chaux sodée, et on a introduit le tout dans le tube à analyse, avec les précautions ordinaires.

On avait placé dans le tube à boules 10 centimètres cubes d'acide sulfurique titré. Ce volume exigeait $25^{cc},6$ d'eau de baryte pour être neutralisé.

Après la réaction, on a trouvé que 18 centimètres cubes de baryte suffisaient à la neutralisation. L'expérience a été répétée trois fois, avec des résultats concordants (17,9 ; 18 ; 18). Il résulte de ces chiffres que la matière employée contenait : $Az = 0^{gr},0208$.

2° A la même solution d'albumine (50 centimètres cubes) on a ajouté 10 centimètres cubes d'une solution d'azotate de potasse, contenant $1^{gr},01$ de ce sel, c'est-à-dire 0,14 d'azote, sept fois autant que la matière amidée. On a évaporé, puis on a traité par la chaux sodée.

La baryte nécessaire pour la neutralisation de l'acide, après réaction, a été trouvée : $20^{cc},2$ ; $20^{cc},2$ et $20^{cc},8$ dans trois essais : soit en moyenne $20^{cc},4$ (au lieu des $25^{cc},6$ initiaux), quantité supérieure à celle observée à la fin des essais précédents (18 centimètres cubes). L'azote ammoniacal qui résulte

de ce nombre, d'après le calcul, serait $0^{gr},0142$, nombre inférieur aux $0^{gr},0208$ observés sans addition d'azotate.

Ainsi, en présence d'un excès d'azotate et sous l'influence de la chaux sodée, une partie de l'ammoniaque dérivée de l'albumine a été détruite ; ou, pour mieux dire, elle ne s'est pas formée sous l'influence de la chaux sodée.

Ce résultat est d'autant plus remarquable que l'azotate est changé en partie en ammoniaque par la chaux sodée, en présence des composés hydrocarbonés, comme on le sait déjà et comme le confirment les essais suivants.

3° 20 centimètres cubes d'une solution de dextrine (20 gr. = 1 litre) ont été mêlés avec 10 centimètres cubes d'une solution d'azotate, contenant $1^{gr},01$ : soit 0,14 d'azote. Le mélange évaporé presque à sec, puis traité par la chaux sodée, dans les conditions ordinaires, a fourni une dose d'ammoniaque telle que la liqueur sulfurique exigeait pour sa neutralisation $21^{cc},4$ d'eau de baryte, au lieu de 25,6. D'après ces nombres, l'azote ammoniacal formé dans la réaction s'élevait à $0^{gr},0115$, soit un douzième de l'azote contenu dans l'azotate.

4° 20 centimètres cubes d'une solution de sucre de canne (20 gr. = 1 litre) mêlés avec 10 centimètres cubes de la même solution d'azotate, et traités de même, ont fourni en définitive : azote ammoniacal, $0^{gr},0125$.

5° En présence du lait, il y a eu aussi changement d'une partie de l'azote de l'azotate en ammoniaque.

En effet, 10 centimètres cubes de la liqueur lactée pure avaient fourni $0^{gr},0368$ d'azote, par la chaux sodée.

En opérant avec le même volume de la même liqueur, en présence de 4 centimètres cubes de la solution de salpêtre, on a obtenu 0,0582 d'azote. Le gain est de 0,0214. Or l'azotate en contenait 0,056. D'après ces chiffres, une partie seulement, soit

les 3/8 de l'azote du salpêtre, a été changée en ammoniaque.

Il résulte de ces faits que le dosage rigoureux de l'azote amidé par la chaux sodée n'est pas possible en présence des azotates. Or les cas de ce genre se sont présentés fréquemment dans nos recherches.

En principe, la difficulté peut être résolue en dosant sur un échantillon l'azote total à l'état de liberté, par la combustion de la matière à l'aide de l'oxyde de cuivre, suivant le procédé Dumas. Sur un autre échantillon, on dose les azotates seuls, sous la forme de bioxyde d'azote, et comme il sera dit plus loin. On en déduit l'azotate correspondant, et, en le retranchant de l'azote total, la différence fournit l'azote amidé. Ce procédé est correct, mais pénible.

On peut encore résoudre la difficulté, dans le cas où l'azote amidé se trouve entièrement sous la forme de principes protéiques, insolubles dans l'alcool aqueux. En effet, on évapore alors les liqueurs au bain-marie, ou bien l'on dessèche les matières, en poussant à la fin la température jusqu'à 110°; puis on reprend le résidu par une liqueur, calculée de façon à contenir environ 2 parties d'alcool absolu en poids et 1 partie d'eau. On procède par lavages successifs et ménagés, avec des quantités définies de liqueur, telles que 100 centimètres cubes en tout, pour quelques grammes de matière organique. Cela fait, on dessèche d'un côté la partie insoluble, formée essentiellement d'albumine coagulée et de principes analogues, et, d'un autre côté, on évapore la liqueur afin de chasser l'alcool : ce qui fournit les azotates, mêlés avec des principes non azotés, ou réputés tels.

On peut alors doser l'azote amidé dans la première partie (insoluble), et l'acide azotique dans la seconde (soluble).

Nous avons fait à cet égard des expériences de contrôle, telles que la suivante :

55 centimètres cubes de la même solution d'albumine que ci-dessus ont été mêlés avec 2 centimètres cubes de la solution d'azotate de potasse décime. On a évaporé à sec et repris par l'alcool aqueux.

D'une part, le dosage de l'azote dans la partie insoluble a fourni :

Azote ammoniacal = $0^{gr},0204$ ;

au lieu de $0^{gr},0208$, trouvés directement.

D'autre part, le dosage du bioxyde d'azote à l'aide de la partie soluble a fourni :

Azote azotique = $0^{gr},025$,

au lieu de $0^{gr},028$.

Cette même partie soluble n'a pas fourni d'azote ammoniacal notable par la chaux sodée.

La séparation, dans ces conditions, peut donc être regardée comme satisfaisante.

Mais ce procédé n'est applicable qu'à des plantes fraîches et ne contenant pas de composés azotés solubles dans l'alcool.

Au contraire, l'azote amidé ne pourrait pas être dosé ainsi dans le tabac, qui contient de la nicotine ; non plus que dans les plantes à asparagine, ou composés analogues.

Les principes azotés du lait ne sont pas non plus séparés exactement des azotates par ce procédé, à cause de l'alcalinité des liqueurs, et il reste des corps azotés dans la solution hydro-alcoolique.

Il est utile, dans tous les cas, de faire disparaître dès le début l'alcalinité de la matière par une neutralisation exacte, sinon même à l'aide d'un léger excès d'acide.

L'azote ne pourrait pas non plus être dosé dans les plantes ayant subi un commencement de putréfaction, lequel change

les principes protéiques en peptones et en dérivés pyridiques, partiellement solubles dans l'alcool aqueux.

Malgré ces réserves, le procédé est susceptible d'être appliqué, au moins approximativement, dans la plupart des cas, et il peut rendre de grands services.

En définitive, dans le plus grand nombre des plantes, l'azote amidé, tel qu'il est accusé et dosé par la chaux sodée, répond aux principes protéiques ou albuminoïdes, tant solubles qu'insolubles, contenus dans la plante fraîche.

Les principes de cet ordre renfermant en moyenne le sixième de leur poids d'azote, on peut, dans une comparaison générale, évaluer le poids des albuminoïdes, en multipliant par 6 le poids de l'azote trouvé au moyen de la chaux sodée. Cette donnée suffit pour un grand nombre de comparaisons.

Pour compléter celles-ci dans les cas spéciaux, il conviendrait d'estimer les alcaloïdes, tels que la nicotine et autres principes actifs des solanées ; ce qui peut se faire par des méthodes spéciales; il faudrait aussi estimer l'asparagine et les corps congénères, ainsi que les peptones solubles dans l'alcool aqueux. Mais nous n'avons trouvé aucune méthode exacte et générale pour évaluer ces derniers principes, d'ailleurs mal connus et mal définis.

Nos conclusions générales relatives à la répartition de l'azote entre les azotates et les albuminoïdes ne seraient point d'ailleurs modifiées sensiblement par l'intervention des autres principes : c'est ce que montrent les dosages totaux que nous avons opérés sur la plante brute, au moyen de la chaux sodée, dosages qui fournissent d'ordinaire une limite supérieure pour les principes albuminoïdes.

### IV. — *Composés hydrocarbonés solubles et insolubles.*

La masse principale des tissus végétaux, en dehors des principes azotés et des sels représentés par les matières minérales, se compose surtout des *hydrates de carbone* :

Les uns *insolubles*, tels que les principes ligneux, la cellulose et l'amidon ;

Les autres *solubles*, tels que les sucres, les gommes, les dextrines et les corps extractifs qui en dérivent.

Pour opérer une première estimation de ces principes, il est donc utile de connaître :

D'une part, le poids des matières insolubles dans l'eau et plus exactement dans l'alcool aqueux, après coagulation des albuminoïdes par la chaleur ;

Et d'autre part, le poids des matières solubles dans ce dissolvant.

Chacun de ces poids respectifs, diminué du poids des corps azotés et des matériaux fixes, représente approximativement un groupe fondamental de principes immédiats.

Pour obtenir ces données, on prélève un poids connu de substance, préalablement desséchée à l'étuve, tel que 5 à 10 grammes ; on le place dans une capsule, on l'arrose avec 25 à 30 grammes d'alcool à 60 ou 70 centièmes. On chauffe ensuite légèrement pendant quelques minutes ; on laisse reposer, puis on décante le liquide clair dans une autre capsule. On renouvelle ces traitements trois à quatre fois. On s'est assuré d'ailleurs que trois ou quatre traitements de ce genre suffisaient pour enlever complètement les azotates et les matières douées d'une solubilité notable.

Cela fait, d'une part, la *partie insoluble* est desséchée à l'étuve et pesée. C'est cette portion que l'on traite par la

chaux sodée pour y doser l'azote. Le poids de l'azote, multiplié par 6, donne celui des albuminoïdes, et, en retranchant ce dernier du poids total de la partie insoluble, on obtient à peu près le poids des ***hydrates de carbone insolubles***, tels que le ligneux, l'amidon, etc. Cependant le résultat ainsi obtenu est un peu trop fort, à cause de la présence d'une certaine dose de principes de la série benzénique, où le rapport de l'hydrogène à l'oxygène n'est pas celui des éléments de l'eau.

D'autre part, la *partie soluble* dans l'alcool aqueux, plus ou moins colorée, est évaporée à sec au bain-marie ; puis on pèse la capsule et son contenu. On enlève celui-ci (voir le dosage des azotates), et on pèse de nouveau la capsule, bien nettoyée et séchée. La différence donne le poids de l'extrait hydro-alcoolique, lequel contenait les azotates et autres sels solubles, ainsi que les hydrates de carbone solubles : sucres, gommes, dextrines. Dans certaines plantes, il s'y trouve aussi des tanins, des gommes-résines et des principes analogues. En tout cas, les sels solubles, estimés d'après le poids de la cendre, doivent être déduits.

## V. — *Équation de la plante.*

Les données précédentes étant obtenues, pour chacune des parties de la plante, il suffit de multiplier ces données par le poids relatif de la partie végétale correspondante et de faire la somme des résultats, pour rapporter ceux-ci à la plante entière.

Si l'on veut établir l'équation totale de celle-ci, voici comment on procède.

Le poids total de chaque partie étant donné, on additionne :

1° Le poids des principes albuminoïdes ;

2° Le poids du carbonate de potasse. Celui-ci est regardé

comme équivalant à celui de l'azotate initial et des sels organiques à base de potasse : ce qui, en réalité, est une évaluation trop faible pour ces derniers ; mais on l'a adoptée, faute de mieux et comme première approximation. Il existe d'ailleurs à cet égard une certaine compensation, comme il va être dit.

3° Le poids des cendres insolubles.

4° Enfin le poids de l'extrait hydro-alcoolique. Ce poids est trop fort, à cause de la présence des sels de potasse solubles ; mais, le potassium se trouvant aussi contenu en partie dans la matière insoluble, il n'a pas été possible de séparer les deux ordres de sels qui le renferment, et l'on a admis provisoirement la compensation.

Le poids de l'extrait donne en définitive une certaine notion, au moins comparative, du poids des hydrates de carbone solubles ;

5° La somme de ces diverses matières, retranchée du poids total de la matière végétale, fournit approximativement le poids du ligneux et des *hydrates de carbone insolubles* (1).

Nous ne nous dissimulons pas les imperfections de ce procédé de calcul ; mais il ne paraît pas possible, dans l'état présent de la science, d'en adopter un qui soit tout à fait rigoureux. Tel quel, ce procédé permet des comparaisons essentielles et que l'on ne saurait atteindre autrement.

On obtient ainsi, en définitive, une équation approximative de chaque partie du végétal et finalement une équation du végétal entier, et l'on peut comparer sensiblement la répartition des diverses matières dans chaque portion du végétal, aux diverses périodes de la végétation.

(1) Le poids du carbonate de potasse étant moindre que celui des sels de potasse initiaux, le poids du ligneux est accru de la différence ; mais, par contre, le poids de l'extrait devrait être diminué de celui des sels solubles, ce qui fait à peu près compensation.

En effet, la composition immédiate de la plante et celle de ses diverses parties se trouvent rapportées aux composants suivants, dont le mode de détermination vient d'être défini :

Ligneux et composés organiques insolubles;

Extrait soluble dans l'alcool aqueux, consistant principalement en hydrates de carbone ;

Principes albuminoïdes ;

Sels de potasse, représentés par le carbonate qui en dérive (1) ;

Matières fixes insolubles.

Les matières grasses étaient en proportion trop faible dans les plantes que nous avons étudiées, pour qu'il ait été nécessaire d'en tenir compte. Dans les plantes riches en huile, il y aurait lieu à un dosage spécial.

Indiquons la signification physiologique de ces composants.

Les végétaux se composent, on le sait, de trois groupes fondamentaux de principes :

Les *principes ternaires hydrocarbonés*, formés principalement aux dépens de l'acide carbonique tiré de l'atmosphère et peut-être du sol, et aux dépens des éléments de l'eau, empruntée à la fois au sol et à l'atmosphère;

Les *principes azotés*, tirés surtout du sol et des engrais, et, pour une faible partie en général, de l'atmosphère;

Enfin les *matières minérales*, empruntées au sol et aux engrais, et, pour une très faible part, aux poussières de l'atmosphère.

Or les *principes hydrocarbonés* sont représentés dans nos analyses par deux ordres de corps, savoir :

(1) Certaines plantes renferment réellement du carbonate, préexistant à côté de l'azotate.

Les *principes ligneux* et analogues, insolubles, et dès lors fixés dans certains organes;

Et les *matières solubles*, sucre, gomme, etc., qui constituent surtout l'*extrait* hydro-alcoolique. Ces derniers corps, à l'opposé des autres, circulent dans les tissus du végétal et servent d'intermédiaires aux phénomènes de nutrition.

Les *principes azotés* les plus importants sont les *albuminoïdes*, fondements du protoplasme. Dans nos analyses ils ont été séparés sous forme insoluble (emploi de l'alcool aqueux et de la chaleur) et dosés à part. On sait qu'ils jouent un rôle capital dans les phénomènes de reproduction et dans la formation des jeunes tissus.

Enfin les *matières minérales* sont dosées sous deux formes :

Sous la forme de sels solubles, qui circulent dans les tissus, *sels de potasse*, principalement représentés par le *carbonate* (après calcination);

Et *substances insolubles*, silice, sels de chaux, de magnésie, etc., localisées dans certains organes.

Le poids réuni des sels de potasse et des sels de chaux et de magnésie est proportionnel à celui des acides organiques, dans les plantes, telles que la Bourrache, qui ne contiennent pas d'acides libres. Les acides organiques étant produits le plus souvent par des phénomènes d'oxydation, ceux-ci sont mesurés, jusqu'à un certain point, dans les cas de ce genre, par le poids des bases contenues dans la plante; quoique cette évaluation n'offre pas une signification tout à fait rigoureuse.

Ces développements précisent le sens de nos analyses et montrent comment elles peuvent éclairer l'évolution de la vie végétale.

Pour compléter ces renseignements, nous allons donner deux exemples numériques :

L'un comprend toutes les données brutes d'une analyse ;

L'autre les données d'une autre analyse, réduites par le calcul en vue des comparaisons.

*Envoi du 22 juin 1883.*

Deux pieds de $0^{m},70$ environ de hauteur. { Poids des feuilles : 94 grammes. Poids des tiges : 227 grammes.

| DESSICCATION A 100°. | INCINÉRATION. | PARTIE INSOLUBLE dans l'eau chaude. |
|---|---|---|
| | *Limbes des feuilles.* | |
| Poids des limbes humides ...... $30^{gr},4729$<br>Après dessiccat.. $4^{gr},5861$<br>Résidu.......... 15,04 o/o | Poids de substance prélevé sur le précédent. $0^{gr},6435$<br>Après incinérat... $0^{gr},1617$<br>Résidu sec ....... 25,12 o/o | Après lavage à l'eau chaude.. $0^{gr},1084$<br>Résidu.... 16,84 o/o |
| | *Tiges.* | |
| Poids de subst. humide ....... $30^{gr},1079$<br>Après dessiccat.. $2^{gr},3379$<br>Résidu.......... 7,73 o/o | Poids de substance préleve sur le précédent. $0^{gr},5001$<br>Après incinérat... $0^{gr},0547$<br>Résidu sec....... 10,93 o/o | Après lavage à l'eau chaude... $0^{gr},0058$<br>Résidu ..... 1,15 o/o |
| | *Pétioles et grosses nervures.* | |
| Poids de subst. humide ....... $25^{gr},9177$<br>Après dessiccat.. $1^{gr},2460$<br>Résidu .......... 8,66 o/o | Poids de substance sèche prélevé sur le précédent : $0^{gr},3658$<br>Après incinérat... $0^{gr},0447$<br>Résidu sec....... 12,21 o/o | Après lavage à l'eau chaude... $0^{gr},0199$<br>Résidu ..... 5,44 o/o |
| | *Racines principales.* | |
| Poids de subst. humide........ $35^{gr},0902$<br>Après dessiccat.. $2^{gr},8556$<br>Résidu.......... 8,13 o/o<br>(On a pris les deux racines séparées des radicelles.) | Poids de substance sèche prélevé sur le précédent : $0^{gr},5216$<br>Après incinérat... $0^{gr},0847$<br>Résidu sec....... 16,23 o/o | Après lavage à l'eau chaude... $0^{gr},0337$<br>Résidu ..... 6,46 o/o |
| | *Radicelles.* | |
| Poids de subst. humide... .... $5^{gr},9595$<br>Après dessiccat.. $1^{gr},1263$<br>Résidu......... 18,89 o/o<br>(On a pris la totalité des radicelles des deux pieds.) | Poids de substance sèche prélevé sur le précédent : $0^{gr},1284$<br>Après incinérat... $0^{gr},0194$<br>Résidu sec....... 15,10 o/o | Après lavage à l'eau chaude.. $0^{gr},0136$<br>Résidu.... 10,59 o/o |

BRUTES

*Bourrache, série III, n° 8.*

Poids des pétioles et nervures : 64 grammes.
Poids des racines : 35 grammes.
Poids des inflorescences : $22^{gr},3$.

| AZOTE TOTAL (par la chaux sodée). | EXTRAIT AQUEUX ALCOOLIQUE (azotates). | AZOTE DU RÉSIDU insoluble dans l'alcool aqueux. |
|---|---|---|
| | *Limbes des feuilles.* | |
| Poids de substance sèche... $1^{gr},1043$<br>Az....... $0^{gr},0357$<br>Rapporté à la plante sèche... 3,23 o/o | Poids de substance sèche.... $2^{gr},8383$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},5524$<br>Gaz recueilli...... $1^{cc},0$ à 23° et $756^{mm}$<br>(Corrigé.................... $0^{cc},8$)<br>Après $FeSO^4$, résidu (coloré en brun) ..................... $0^{cc},7$ | Az = $0^{gr},097$. |
| | *Tiges.* | |
| Poids de substance sèche... $0^{gr},5627$<br>Az....... $0^{gr},0075$<br>Rapporté à la plante sèche... 1,33 o/o | Poids de substance sèche.... $1^{gr},2751$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},4785$<br>Gaz recueilli...... $1^{cc},2$ à 22° et $760^{mm}$<br>(Corrigé..................... $1^{cc},06$)<br>Après $FeSO^4$, résidu......... $0^{cc},6$ | Az = $0^{gr},0078$. |
| | *Pétioles et grosses nervures.* | |
| Poids de substance sèche.. $0^{gr},4576$<br>Az....... $0^{gr},0057$<br>Rapporté à la plante sèche... 1,24 o/o | Poids de substance sèche.... $1^{gr},4226$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},4976$<br>Gaz recueilli....... $1^{cc},2$ à 22° et $760^{mm}$<br>(Corrigé..................... $1^{cc},06$)<br>Après $FeSO^4$, résidu.......... $0^{cc},4$ | Az = $0^{gr},0128$. |
| | *Racines principales.* | |
| Poids de substance sèche.. $0^{gr},746$<br>Az....... $0^{gr},0164$<br>Rapporté à la plante sèche... 2,19 o/o | Poids de substance sèche .... $1^{gr},5880$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},5592$<br>Gaz recueilli..... $11^{cc},1$ à 22° et $760^{mm}$<br>(Corrigé..................... $9^{cc},8$)<br>Après $FeSO^4$, résidu négligeable. | Az =<br>(mauv. expérience.) |
| | *Radicelles.* | |
| Poids de substance sèche.. $0^{gr},1981$<br>Az....... $0^{gr}.0027$<br>Rapporté à la plante sèche... 1,36 o/o | Poids de substance sèche.... $0^{gr},7998$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},1755$<br>Gaz recueilli...... $4^{cc},8$ à 23° et $761^{mm}$<br>(Corrigé..................... $4^{cc},2$)<br>Après $FeSO^4$, résidu........... o | Az = $0^{gr},0082$. |

*Suite de*

| DESSICCATION A 100°. | INCINÉRATION. | PARTIE INSOLUBLE dans l'eau chaude. |
|---|---|---|
| | **Les pédoncules floraux, calices, corolles, anthères, gynécées** | |
| | ***Pédoncules floraux.*** | |
| Poids de subst. humide........ $12^{gr},7973$ (300 pédoncules). Après dessiccat.. $2^{gr},1396$ Résidu.......... 15,50 o/o | Poids de substance sèche prélevé sur le précédent : $0^{gr},3051$ Après incinérat... $0^{gr},0311$ Résidu sec....... 10,19 o/o | Après lavage à l'eau chaude... $0^{gr},0174$ Résidu..... 5,70 o/o |
| | ***Calices et réceptacles.*** | |
| Poids de subst. humide........ $5^{gr},2075$ (150 calices). Après dessiccat.. $1^{gr},1814$ Résidu.......... 22,68 o/o | Poids de substance sèche prélevé sur le précédent : $0^{gr},2004$ Après incinérat... $0^{gr},0258$ Résidu sec....... 12,58 o/o | Après lavage à l'eau chaude... $0^{gr},0122$ Résidu..... 5,95 o/o |
| | ***Corolles.*** | |
| Poids de subst. humide........ $6^{gr},856$ (150 corolles). Après dessiccat.. $0^{gr},9574$ Résidu.......... 13,96 o/o | | |
| | ***Anthères.*** | |
| Poids de subst. humide........ $1^{gr},7504$ (150 fleurs). Après dessiccat.. $0^{gr},46$ Résidu.......... 26,27 o/o | | |
| | ***Gynécées.*** | |
| Poids de subst. humide........ $0^{gr},5553$ (150 gynécées). Après dessiccat.. $0^{gr},1336$ Résidu.......... 24,05 o/o | | |
| | | **Ce Tableau fait** |

:e.

| )TE TOTAL<br>. chaux sodée). | EXTRAIT AQUEUX ALCOOLIQUE<br>(azotates). | AZOTE DU RÉSIDU.<br>insoluble<br>dans l'alcool aqueux. |
|---|---|---|
| ; pris sur des | inflorescences séparées des pieds. | |
| | *Pédoncules floraux.* | |
| de substance<br>ie.. $0^{gr},3767$<br>.... $0^{gr},0107$<br>›rté à la plante<br>ie... 2,84 0/0 | Poids de substance sèche.... $1^{gr},4578$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},3701$<br>Gaz recueilli...... $1^{cc},4$ à 22° et $760^{mm}$<br>(Corrigé...... ................ $1^{cc},2$)<br>Après $FeSO^4$, résidu........... $0^{cc},4$ | $Az = 0^{gr},0285$. |
| | *Calices et réceptacles.* | |
| de substance<br>ie.. $0^{gr},1991$<br>.... $0^{gr},007$<br>›rté à la plante<br>ie... 3,51 0/0 | Poids de substance sèche..... $0^{gr},7819$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},1893$<br>Gaz recueilli, non coloré par $FeSO^4$ ($AzO^2$ nul).......... $0^{cc},2$ | $Az = 0^{gr},0214$. |
| | *Corolles.* | |
| | Poids de substance sèche.... $0^{gr},9573$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},3927$<br>Gaz recueilli, non coloré par $FeSO^4$ ($AzO^2$ nul).......... $0^{cc},3$ | $Az = 0^{gr},0071$. |
| | *Anthères.* | |
| | Poids de substance sèche.... $0^{gr},46$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},1671$<br>Gaz recueilli : bulle gazeuse non mesurable et non colorée par $FeSO^4$ (nul). | $Az = 0^{gr},0071$. |
| | *Gynécées.* | |
| | Poids de substance sèche..... $0^{gr},1336$<br>Quantité dissoute et introduite dans l'appareil à $AzO^2$. $0^{gr},0508$<br>Gaz : bulle non mesurable et non colorée par $FeSO^4$ ($AzO^2$ nul). | $Az = 0^{gr},0039$. |

au précédent.

DONNÉES RÉDUITES

Voici un exemple numérique de ce genre de calcul :

Le 12 juin 1883, on a récolté quatre pieds de Bourrache ; leur poids total à l'état humide était égal à 98gr,036 ;

Soit en moyenne 24gr,609 pour un seul pied humide.

Les poids des diverses parties, dans l'état initial, étaient :

| | gr. | | gr. |
|---|---|---|---|
| Feuilles : limbes (4 pieds) | 28,735, | soit pour 1 pied moyen. | 7,184 |
| Tiges et pétioles (4 pieds) | 29,503 | » | 7,376 |
| Racines (4 pieds) | 28,633 | » | 7,158 |
| Inflorescences (9 pieds) | 20,187 | » | 2,243 |
| Radicelles (16 pieds) | 8,220 | » | 0,548 |
| | | 1 pied total......... | 24,509 |

En outre, on a récolté séparément sur un grand nombre de tiges des poils formant 1gr,279, qui ont été analysés séparément, dans un but spécial.

Chacune des parties de la plante a été séchée séparément, ce qui a fourni pour 1 pied moyen :

| | gr. |
|---|---|
| Feuilles............................... | 0,8239 |
| Tiges et pétioles....................... | 0,3663 |
| Inflorescences......................... | 0,3052 |
| Racines............................... | 0,5352 |
| Radicelles............................ | 0,0962 |
| 1 pied total............... | 2,1268 |

La composition de la plante desséchée, rapportée à 100 parties, était donc

| |
|---|
| 38,75 |
| 17,2 |
| 14,35 |
| 25,2 |
| 4,5 |
| 100,0 |

Chacune des parties de la plante a fourni des échantillons,

à l'aide desquels on a dosé l'azote (et, par suite, les albuminoïdes), les cendres solubles (carbonate de potasse), les cendres insolubles, l'extrait (hydrates de carbone solubles), le ligneux (et les hydrates de carbone insolubles), enfin l'azotate de potasse.

Les poids des analyses ont été rapportés par le calcul au poids total de chacune des parties de la plante sèche, ce qui a donné les tableaux ci-dessous :

| | Feuilles. | |
|---|---|---|
| | Poids absolu. | Poids relatif. |
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,191 | 23,1 |
| Carbonate de potasse | 0,063 | 7,9 |
| Cendres insolubles | 0,091 | 11,0 |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,098 | 11,8 |
| Ligneux et divers | 0,381 | 46,2 |
| Total | 0,824 | 100,0 |
| Azotate de potasse | 0,00735 | 0,9 |

| | Tiges. | |
|---|---|---|
| | Poids absolu. | Poids relatif. |
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,0235 | 6,5 |
| Carbonate de potasse | 0,057 | 15,9 |
| Cendres insolubles | 0,019 | 5,4 |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,155 | 42,2 |
| Ligneux et divers | 0,112 | 30,0 |
| Total | 0,3665 | 100,0 |
| Azotate de potasse | 0,037 | 10,1 |

| | Fleurs. | |
|---|---|---|
| | Poids absolu. | Poids relatif. |
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,056 | 18,8 |
| Carbonate de potasse | 0,015 | 5,0 |
| Cendres insolubles | 0,021 | 6,8 |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,044 | 14,7 |
| Ligneux et divers | 0,169 | 34,7 |
| Total | 0,305 | 100,0 |
| Azotate de potasse | nul | » |

| | Racines. Poids absolu. | Racines. Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,034 | 6,6 |
| Carbonate de potasse | 0,059 | 11,7 |
| Cendres insolubles | 0,037 | 7,0 |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,137 | 25,7 |
| Ligneux et divers | 0,268 | 49,0 |
| Total | 0,535 | 100,0 |
| Azotate de potasse | 0,0416 | 7,9 |

| | Radicelles. Poids absolu. | Radicelles. Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,005 | 5,2 |
| Carbonate de potasse) | (0,011 env.) | » |
| Cendres insolubles | (0,008 env.) | » |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,014 | 14,6 |
| Ligneux et divers | (0,058 env.) | » |
| Total | 0,096 | 100,0 |
| Azotate de potasse | 0,00203 | 2,2 |

| | PLANTE TOTALE. Poids absolu. | PLANTE TOTALE. Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Albuminoïdes | 0,309 | 14,7 |
| Carbonate de potasse | 0,204 | 9,6 |
| Cendres insolubles | 0,176 | 8,3 |
| Extrait (hydr. solubles) | 0,448 | 21,1 |
| Ligneux et divers | 0,989 | 46,3 |
| Total | 1,126 | 100,0 |
| Azotate de potasse | 0,0877 | 4,2 |

On voit combien sont nombreuses les analyses exécutées dans le cours de nos études. La bourrache seule, par exemple, examinée pendant le cours de sa végétation, a exigé dix groupes d'analyses complètes, pareils à celui dont nous de résumer les tableaux.

## DEUXIÈME PARTIE

### **Les diverses parties de la plante.**

Pour définir le développement d'un principe immédiat déterminé, il convient de préciser d'abord la marche générale de la végétation, à un double point de vue, savoir :

1° La composition relative et l'accroissement des diverses parties de la plante :

Feuilles, tige, racine, inflorescences, etc. ;

2° La formation et l'accumulation des principes immédiats et matériaux essentiels :

Principes ligneux, principes albuminoïdes, hydrates de carbone solubles (extrait); sels de potasse, matières fixes insolubles.

Cette étude doit être accomplie aux différentes époques de la végétation et dans les diverses parties de la plante; elle doit être contrôlée en répétant les expériences sur plusieurs espèces, les conclusions n'étant strictement applicables qu'aux groupes mêmes des plantes examinées.

Comparons d'abord les poids relatifs des diverses parties de la plante, ces parties étant pesées à l'état sec. Nous y joindrons le poids total, comme terme de comparaison ; ce poids n'ayant d'ailleurs rien d'absolu et étant susceptible de varier d'un pied à l'autre, entre des limites étendues.

Nous avons opéré sur dix espèces distinctes, dont la plupart appartiennent à la famille des Amarantacées, toutes génératrices du salpêtre, l'un des objets essentiels de notre recherche.

### I. — Bourrache

Soit d'abord la Bourrache (*Borrago officinalis*), Borraginées. Voici les poids de la plante et de ses diverses parties, à

différentes époques et sur des échantillons placés dans des conditions de végétation différentes.

1. On a pesé un lot de graines et on a trouvé, pour le poids d'une seule graine, la valeur moyenne :

$0^{gr},01508$, humide,

Et $0^{gr},0139$, sec.

Ainsi, la graine contenait 8,7 centièmes d'eau.

2. Une première analyse, faite le 26 avril 1883, a porté sur le végétal entier, le poids de la plante étant trop faible pour se prêter à des études de répartition.

Nous avons trouvé :

| | | Poids moyen d'un végétal. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Poids de 6 végétaux humides | 0,3483 | 0,05805 |
| Après dessiccation à 110° | 0,1012 | 0,01687 |
| 30 autres végétaux avant dessiccation pesaient | 1,9212 | 0,06202 |

On voit que le poids moyen d'un végétal humide, dans son état normal et à ce moment, était voisin de $0^{gr},060$.

Le poids d'un végétal sec a varié de $0^{gr},0149$ à $0^{gr},0169$.

Sur 100 parties, 1 végétal renfermait :

| | |
|---|---|
| Matière sèche | 29,05 |
| Eau | 70,95 |
| | 100,00 |

Le poids du végétal sec, à ce moment, différait peu de celui de la graine ; le poids de la portion des tissus détruits, ou disséminés dans le sol, compensant celui des organes de nouvelle formation. Mais la quantité d'eau avait augmenté considérablement : elle avait passé de $0^{gr},011$ à $0^{gr},041$.

La végétation a été peu active à ses débuts, à cause de la température demeurée assez basse. Un mois après, la végétation avait acquis une certaine puissance, et nous avons

fait de nouvelles analyses, en séparant cette fois la plante en ses différentes parties.

3. 29 mai 1883. Nous avons trouvé, en opérant sur trois pieds :

| | | Pour un pied moyen. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Poids des feuilles (limbes) à l'état humide. | 23,65 | 7,88 |
| Poids des tiges, pétioles, grosses nervures, réunies, humides ..................... | 16,05 | 5,35 |
| Poids des racines et radicelles de 40 pieds. | 15,70 | 0,39 |
| L'infloresce n'existait pas encore.......... | 0,0 | 0,0 |
| Poids d'un pied moyen (humide)... | | 13,62 |

Après dessiccation :

Les feuilles furent réduites à 3gr,044 ; soit 12,9 centièmes du poids de la matière humide.

Les tiges, pétioles, etc., se réduisirent à 1gr,0725 ; soit 6,7 centièmes du poids de la matière humide.

Les racines à 1gr,8831 ; soit 12 centièmes du poids de la matière humide.

On voit que la dose de l'eau dans les tiges et pétioles était à peu près double de ce qu'elle était dans les feuilles ou les racines ; probablement parce que les tiges, pétioles, nervures, sont le siège principal de la circulation des liquides.

La proportion de la matière sèche dans le végétal entier était de 10,4 centièmes

Les poids précédents, rapportés à un pied moyen, donnent :

| | gr. |
|---|---|
| Feuilles................................ | 1,015 |
| Tige, pétioles, nervures............ .... | 0,3575 |
| Racines et radicelles.................... | 0,047 |
| Poids total d'un pied sec........ | 1,4195 |

La proportion relative des diverses parties est la suivante, sur 100 parties :

| | Plante humide. | Plante sèche. |
|---|---|---|
| Feuilles | 57,9 | 71,5 |
| Tige et pétioles | 39,3 | 25,2 |
| Racines et radicelles | 2,8 | 3,3 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| | 100,0 | 100,0 |
| Poids total de la plante. | 13gr,62 | 1gr,4195 |

On voit que le poids total de la plante, dans son état d'humidité naturelle, était devenu 230 fois aussi considérable que celui de la graine. A l'état sec, il avait augmenté dans la proportion de 1 à 90.

L'eau s'était accrue également, et même en plus forte proportion relative; car elle avait passé de la dose de 8,7 centièmes (graine), à 71 centièmes (jeune plante); puis à 90 centièmes.

La plante contient donc à ce moment, absolument et relativement, beaucoup plus d'eau qu'aux débuts de la végétation : circonstance qui coïncide avec une proportion plus grande des principes solubles et avec une activité plus grande de l'évolution physiologique.

4. La végétation poursuivant son cours, les inflorescences se montrèrent. Cependant, le 12 juin, elles n'avaient pas encore donné naissance a des fleurs apparentes. A ce moment, on a prélevé quatre pieds pour les analyses. Mais nous croyons inutile de reproduire toutes les données de nos cahiers d'analyse, avec la même minutie que ci-dessus ; il suffit d'avoir donné une notion précise de la marche suivie, et nous nous bornerons désormais à transcrire les données fondamentales. Ces données suffiraient d'ailleurs pour reconstituer tous les chiffres, si l'on en éprouvait le désir.

Nous avons trouvé le 12 juin :

| | gr. |
|---|---|
| Poids moyen d'une plante humide | 25,509 |
| Poids moyen d'une plante sèche | 2,127 |

Composition relative :

| | |
|---|---|
| Matière sèche | 8,66 |
| Eau | 91,34 |
| | 100,00 |

| | Poids de la matière sèche, pour 100 parties du végétal. | Rapport de la matière sèche à la matière humide dans chaque partie. |
|---|---|---|
| Feuilles | 38,7 | 11,5 centièmes |
| Tiges et pétioles | 17,2 | 5,0 » |
| Racines | 25,2 | 7,5 » |
| Radicelles | 4,5 | 17,5 » |
| Inflorescences | 14,4 | 13,6 » |
| Total | 100,0 | Rapport moyen. 8,7 » |
| Poils | | 15,9 » |

A ce moment, les poids relatifs de l'eau et de la matière sèche ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui ont été observés dans la période précédente, soit dans la plante totale (8,7 au lieu de 10,4), soit dans chacune de ses parties.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 11,5 | au lieu de | 12,9 centièmes |
| Tiges | 5,0 | » | 6,7 |
| Racines | 7,5 | » | 12,0 |

On voit cependant que l'eau a augmenté partout.

Enfin, aux deux moments envisagés, l'eau est toujours prépondérante dans la tige et les parties congénères, siège principal de la circulation.

A cet égard, l'analyse comparative des racines et des radicelles est instructive, les radicelles étant bien moins aqueuses; car les racines contiennent 7,5 centièmes de matière sèche et 92,5 d'eau, et les radicelles 17,5 centièmes de matière sèche et 82,5 d'eau.

De même les poils (15,9 centièmes de matière sèche), comparés à la tige et aux pétioles (5 centièmes de matière sèche).

5. Comme terme de comparaison, nous avons cru utile

d'examiner le même jour (12 juin) un pied de la même plante, dont la végétation avait eu lieu moins régulièrement et qui était un peu étiolé.

Voici les poids observés :

| | Humide. | Sec. | Poids de la mat. sèche pour 100 parties du végétal. | Rapport de la mat. sèche au poids de la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | centièmes | centièmes |
| Feuilles | 15,554 | 1,307 | 53,4 | 8,40 |
| Tige et pétioles | 14,013 | 0,753 | 30,8 | 5,37 |
| Racines | 1,628 | 0,156 | 6,4 | 9,57 |
| Inflorescences | 2,116 | 0,230 | 9,4 | 10,88 |
| Total | 33,311 | 2,446 | 100,0 | 7,34 |

Un certain nombre de feuilles jaunies ont été examinées séparément. Par suite de leur état physiologique, elles avaient déjà perdu la plus grande partie de leur eau primitive ; car elles contenaient 78,7 de matière sèche.

Mais si l'on met ces feuilles à part, on voit que les autres parties, demeurées vertes, n'ont pas changé notablement dans leur état d'hydratation.

La proportion des racines et des inflorescences, relativement au reste de la plante, est moindre que dans l'autre analyse. Mais ceci peut tenir à une différence individuelle.

6. Une autre analyse a été faite sur un pied de Bourrache arraché le 24 juillet 1883. Par suite d'un accident, les pesées ont été faites seulement vingt-quatre heures après l'arrachage : aussi les doses d'eau sont-elles bien moindres que dans les analyses précédentes. En effet, on a trouvé sur 100 parties de chaque portion :

| | Matière sèche. |
|---|---|
| Feuilles | 19,2 centièmes |
| Tiges, etc | 11,1 » |
| Racines, etc | 12,1 » |
| Inflorescences | 16,0 » |

En raison de cette circonstance, nous avons cru devoir éliminer cette analyse ; le commencement de dessiccation spontanée de la plante ayant pu altérer la répartition des principes solubles.

7. Le 7 septembre, la végétation de la Bourrache touchait à son terme, la floraison était terminée et la fructification s'accomplissait. En même temps un certain nombre de pieds avaient éprouvé une dessiccation spontanée, plus ou moins avancée. C'est pourquoi la dose de l'eau n'a rien d'absolu. Trois analyses complètes ont été effectuées; il suffira d'en donner ici deux.

Première analyse; plante en bon état, un pied :

| | Humide. | Sec. | Rapport de la mat. sèche au poids total dans chaque partie. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | centièmes |
| Feuilles | 8,03 | 6,043 | 75,0 |
| Tiges | 120,00 | 25,259 | 21,0 |
| Racines | 18,77 | 2,852 | 15,2 |
| Inflorescences | 42,01 | 16,100 | 38,3 |
| | 188,80 | 50,254 | 26,6 |

On déduit de ces nombres la composition centésimale suivante :

*Poids relatifs.*

| | | |
|---|---|---|
| Feuilles | 12,0 | centièmes |
| Tiges, etc | 50,3 | » |
| Racines | 5,7 | » |
| Inflorescences | 32,0 | » |
| | 100,0 | |

Plante sèche, poids total : $50^{gr},254$.

8. Donnons encore les nombres suivants, relatifs à une plante séchée sur pied, qui a été isolée et soumise à l'analyse le même jour. Ici les doses d'eau ont moins d'intérêt.

Poids total de la plante humide : 40gr,71 ;

Plante sèche : 34gr,073.

| | Poids de la mat. sèche pour 100 parties du végétal total. | Rapport du poids de la matière sèche à celui de la matière humide dans chaque partie. centièmes |
|---|---|---|
| Feuilles | 20,0 | 86,9 |
| Tiges, etc | 43,0 | 81,1 |
| Racines | 8,6 | 82,0 |
| Inflorescences, etc | 28,4 | 84,7 |
| | 100,0 Plante totale | 83,7 |

D'après l'ensemble de ces données, on voit d'abord que, pendant le cours annuel de la végétation, le poids absolu de la plante et celui de ses diverses parties vont en croissant; ce qui est parfaitement connu d'ailleurs. Une graine de bourrache, pesant 0gr,0139 à l'état sec, a fourni ainsi une plante pesant jusqu'à à 50gr,254 : toujours à l'état sec.

En outre, la tige devient de plus en plus prépondérante par rapport aux feuilles; le rapport des poids de ces deux portions de la plante au poids total du végétal ayant présenté les valeurs successives que voici :

| | Feuilles. | Tiges. |
|---|---|---|
| 29 mai | 71,5 | 25,2 |
| 12 juin | 38,7<br>53,4 | 17,2<br>30,8 |
| 24 juillet | 19,2 | 11,1 |
| 7 septembre | 12,0<br>20,0 | 50,3<br>43,0 |

On voit que le rapport de la tige aux feuilles a passé de 1 : 3 à 2 : 1 et même jusqu'à 4 : 1 ; c'est-à-dire que le poids relatif de la tige augmente sans cesse, tandis que celui des feuilles diminue.

La racine a joué un instant le rôle d'une réserve, où les matières formées par la plante se sont accumulées.

En effet, le 29 mai, elle formait 3, 3 centièmes du poids total de la plante.

| | |
|---|---|
| Le 12 juin .................. | 29,7 centièmes |
| Le 7 septembre.............. | 5,7 » |
| | 8,6 » |

Cependant, aux débuts comme à la fin de la végétation, la proportion relative de la racine est faible.

Les inflorescences jouent un rôle à part : leur importance croissant avec celle des fonctions de reproduction, à mesure que la végétation s'avance.

Leur poids, d'abord nul (29 mai), s'élevait, par rapport à la plante sèche :

| | |
|---|---|
| Le 27 juin à ................ | 14,4 centièmes |
| | 9,4 » |
| Le 6 septembre.............. | 16,1 » |
| | 28,4 » |

Dans cet intervalle, la plante avait développé successivement sa floraison et sa fructification.

Pour analyser plus complètement les phénomènes, nous avons cherché à écarter l'influence des fonctions de reproduction sur la végétation. A cet effet nous avons analysé :

D'abord un pied, à végétation vigoureuse, mais retardée, sur lequel les inflorescences s'étaient à peine développées ;

Puis un pied normal, sur lequel nous les avons écartées dans le calcul de l'analyse ;

Et enfin un autre pied, sur lequel elles ont été systématiquement retranchées, au fur et à mesure de leur apparition et pendant deux mois et demi, c'est-à-dire pendant toute la durée de la végétation. Tout se réduit alors aux fonctions de nutrition.

Voici ces trois analyses, qui sont fort instructives.

9. 22 juin 1883. Pied vigoureux sans inflorescences sensibles (végétation naturelle retardée) :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal sec total. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles.................. | 47,0 | 7,073 | 34,3 | 15,0 |
| Tiges..................... | 113,5 | 8,813 | 42,7 | 7,7 |
| Pétioles et grosses nervures. | 32,0 | 2,773 | 13,4 | 8,7 |
| Racines.................. | 17,5 | 1,428 | 6,9 | 8,1 |
| Radicelles................ | 4,0 | 0,563 | 2,7 | 18,9 |
| | 213,0 | 20,650 | 100,0 | 9,7 |

10. 30 juin 1883. Pied dont les inflorescences ont été écartées au moment de l'analyse :

| | Humide. | Sec. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles.. ......... | 5,398 | 31,5 centièmes |
| Tiges et pétioles.... | 10,070 | 58,8 » |
| Racines........... | 1,656 | 9,7 » |
| | 17,124 | 100,0 |

11. 7 septembre 1883. Pied dont les inflorescences avaient été détruites systématiquement au fur et à mesure, pendant deux mois et demi de végétation :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal sec total. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles............ | 10,21 | 8,20 | 17,4 | 80,3 |
| Tiges............... | 220,00 | 34,35 | 72,8 | 15,6 |
| Racines............ | 32,18 | 4,61 | 9,8 | 14,3 |
| | 262,39 | 47,16 | 100,0 | 18,0 |

On voit que la prépondérance de la tige s'accentue davantage, et cela d'autant plus que la végétation de la plante

poursuit plus loin son cours; car elle forme, le 22 juin, 42,7 centièmes du poids total.

Au lieu de.................. { 12,7 à 30,8 } 12 juin.

Et 72,8 centièmes le 7 septembre,

Au lieu de........... 50,3 dans un pied qui a fructifié.

Ainsi la suppression des organes de la reproduction dans la plante profite à la nutrition générale : phénomène qui se produit aussi chez les animaux, et qui est utilisé couramment sur les bêtes destinées à l'alimentation humaine.

A un autre point de vue, on peut remarquer que la plante annuelle privée d'inflorescences tend à se rapprocher de plus en plus par sa composition des arbres et des végétaux permanents.

---

Tels sont les résultats généraux fournis par l'étude du développement comparatif des diverses parties et organes d'une plante annuelle; ils seront confirmés dans les parties suivantes par l'analyse et la détermination de la composition immédiate de chacune de ces parties.

Mais auparavant il importe de poursuivre l'exposition des résultats observés sur d'autres espèces que la Bourrache. En effet, le nombre des végétaux est si grand, et les conditions de leur vie sont tellement variées, que l'on ne saurait espérer les éclaircir d'une manière générale par des études faites sur une espèce unique. La discussion immédiate de celles-ci, envisagées isolément, nous a paru indispensable pour préciser le problème et le rapporter à des données bien définies : c'est à ce titre que nous avons exposé d'abord nos recherches sur la Bourrache. Mais, pour parvenir à des

notions plus générales, nous avons jugé nécessaire d'étudier simultanément la marche annuelle de la végétation dans neuf autres plantes, toutes choisies d'ailleurs, sauf une, dans le groupe de celles qui produisent le salpêtre en abondance ; attendu que nous nous proposions comme objet final l'étude même de la production de ce principe immédiat.

Nous allons donner les tableaux qui résument cette vaste série d'analyses, en en comparant brièvement les résultats avec ceux que nous venons de publier plus en détail sur la Bourrache.

### II. — Amarantus caudatus (queue de renard).

1. Une graine pèse en moyenne :

A l'état humide, $0^{gr},00074$ ;

Sèche, $0^{gr},00063$.

Elle contient 14,8 centièmes d'eau,

Et 85,2 centièmes de matière sèche.

Ces déterminations ont été faites sur 20 gr. de matière.

2. 20 avril. Plante semée sous châssis.

A l'époque du repiquage, un végétal pèse :

Humide : $0^{gr},0107$ ;

Sec, $0^{gr},00127$ ;

C'est-à-dire que le rapport de la matière sèche au poids total est 11,9 centièmes.

A ce moment, le poids de la matière a seulement doublé ; mais en même temps la plante s'est chargée de l'eau nécessaire à son évolution physiologique.

3. 29 mai. Végétation commençante. La plante a été repiquée en pleine terre. On a opéré sur 49 pieds réunis et on a pris la moyenne des résultats.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles | 1,757 | 0,299 | 49,0 | 17,0 |
| Tiges | 2,433 | 0,245 | 40,2 | 10,1 |
| Racines | 0,444 | 0,066 | 10,8 | 15,0 |
| Plante totale | 4,634 | 0,610 | 100,0 | 13,3 |

Les feuilles sont prépondérantes.

La dose d'eau est très élevée dans toutes les parties : elle est maximum dans la tige, siège principal de la circulation de la sève.

4. 30 juin. Floraison commençante. On a opéré sur 6 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles | 27,78 | 6,53 | 40,45 | 23,5 |
| Tiges | 61,67 | 6,45 | 39,95 | 10,5 |
| Racines | 12,44 | 2,57 | 15,9 | 20,6 |
| Inflorescence | 2,81 | 0,60 | 3,7 | 21,4 |
| Total | 104,70 | 16,15 | 100,0 | 15,4 |

Le poids absolu de la plante est devenu 25 fois aussi grand.

Le poids de la tige égale maintenant celui des feuilles, et les racines se sont accrues également.

La matière sèche a augmenté en proportion relative dans les feuilles ; mais elle demeure la même dans la tige.

Une détermination spéciale a été faite sur une racine pivotante, qui pesait $31^{gr},98$. Elle renfermait $17^{gr},1$ de matière sèche. Elle était donc plus aqueuse que l'ensemble des racines : ce qui s'accorde avec les analyses relatives aux

radicelles, moins aqueuses en général que les racines principales.

Nous avons poursuivi ces déterminations. Observons ici que l'époque de la floraison est tardive chez les Amarantes.

5. 11 septembre. Floraison.

Le développement de la plante étant devenu très considérable, on a dû se borner à opérer sur un pied unique, choisi comme moyenne, d'après son aspect, au milieu du champ d'amarantes.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles........... | 80,0 | 28,53 | 16,0 | 35,7 |
| Tiges.............. | 170,0 | 50,59 | 28,5 | 29,8 |
| Racines........... | 47,0 | 18,44 | 10,4 | 39,2 |
| Inflorescences..... | 205,0 | 80,24 | 45,1 | 39,1 |
| Plante totale..... | 502,0 | 177,80 | 100,0 | 35,4 |

Le poids de la plante a quintuplé dans les deux derniers mois ; les feuilles n'en forment plus que la sixième partie, au lieu de la moitié (le 29 mai) ; mais il y a compensation par les inflorescences, qui forment près de la moitié du poids total.

La matière fixe est aussi en proportion relative de moitié plus forte dans les feuilles ; elle a triplé dans la tige et doublé dans les racines : ces relations sont caractéristiques du progrès dans la vie de la plante. En effet, on remarquera que la plante, prise en masse et dans son plein développement, est moins riche en eau, comme proportion relative, qu'au moment de sa première évolution ; car elle contenait :

| | | |
|---|---|---|
| Le 20 avril.............. | 88,1 | centièmes d'eau |
| Le 29 mai................ | 86,7 | » |
| Le 30 juin............... | 84,6 | » |
| Le 11 septembre......... | 65,6 | » |

Cette remarque n'est pas spéciale au cas particulier que nous envisageons ici et elle répond au système général de la nutrition de la plante : les principes insolubles se formant et s'accumulant peu à peu dans les divers organes, de façon à en accroître le poids total, tandis que diminue, d'autre part, le poids relatif de l'eau et des principes solubles qui y circulent.

6. 19 octobre. Ce travail de perte d'eau se poursuit pendant la fin de la vie du végétal; mais il affecte alors un caractère tout différent, car il répond à une diminution de vitalité, la floraison étant accomplie et la plante se desséchant peu à peu sur pied. C'est ce que montre l'analyse suivante :

| | Humide. | Sèche. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles........... | 50,0 | 43,70 | 15,2 | 87,4 |
| Tiges.............. | 85,0 | 63,78 | 22,1 | 75,0 |
| Racines......... .. | 14,5 | 12,30 | 4,3 | 84,8 |
| Inflorescences..... | 200,0 | 168,12 | 58.4 | 84,1 |
| | 349,5 | 287,90 | 100,0 | 82,4 |

A ce moment, la proportion relative des feuilles et de la racine va sans cesse en diminuant; celle de la tige a peu varié ; tandis que la proportion des inflorescences devient au contraire énorme, comme l'apparence des Amarantacées le fait pressentir d'ailleurs à première vue.

### III. — Amarantus nanus (à feuilles rouges).

1. Une graine pèse :

$0^{gr},00079$, humide ;

Sèche, $0^{gr},00066$.

Ce qui fait 84,8 centièmes de matière sèche.

Cette détermination a été faite sur 20 grammes de matière.

2. 29 mai. Végétation commençante, après repiquage. On a opéré sur 16 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles........... | 1,565 | 0,2694 | 52,0 | 17,2 |
| Tiges et pétioles... | 1,567 | 0,1765 | 34,1 | 11,8 |
| Racines........... | 0,266 | 0,0497 | 9,6 | 17,9 |
| Panicules.......... | 0,122 | 0,0221 | 4,3 | 18,0 |
| Plante totale.... | 3,520 | 0,5177 | 100,0 | 14,7 |

Les proportions relatives des diverses parties et leur état d'hydratation diffèrent peu des mêmes données dans l'*Amarantus caudatus*, à la même époque; sauf que les panicules se sont développés plus rapidement.

3. 22 juin. Début de la floraison. On opère sur 8 pieds et on prend la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles........... | 7,95 | 1,781 | 37,5 | 22,4 |
| Tiges.............. | 9,29 | 1,344 | 28,3 | 14,5 |
| Racines........... | 2,39 | 0,739 | 15,5 | 30,9 |
| Fleurs............. | 4,00 | 0,886 | 18,7 | 22,1 |
| Plante totale..... | 23,63 | 4,750 | 100,0 | 25,2 |

Observations analogues à celles de l'analyse précédente.

4. 30 juin. Floraison peu avancée. On opère sur 7 pieds et on prend la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles .......... | 35,715 | 7,218 | 47,1 | 20,2 |
| Tiges ........ .... | 47,858 | 5,561 | 36,3 | 11,6 |
| Racines .......... | 7,572 | 1,598 | 10,4 | 21,1 |
| Fleurs............ | 4,385 | 0,959 | 6,3 | 21,9 |
| Plante totale... | 95,530 | 15,336 | 100,0 | 16,05 |

Ces analyses répondent à la même période que les précédentes et en confirment la signification.

5. 7 septembre 1884. La floraison est devenue prépondérante. On opère sur un pied choisi.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles .......... | 35,00 | 14,01 | 11,4 | 40,0 |
| Tiges............. | 65,00 | 16,49 | 13,4 | 25,4 |
| Racines .......... | 10,92 | 3,78 | 3,1 | 34,6 |
| Fleurs............ | 260,00 | 88,79 | 72,1 | 34,1 |
| Plante totale... | 370,92 | 123,08 | 100,0 | 33,2 |

Les conclusions sont toujours les mêmes que pour l'*Amarantus caudatus*. La prépondérance des inflorescences devient énorme à la fin. La dessiccation finale ou marcescence de la plante est très accusée.

## IV. — Amarantus giganteus

L'accroissement de la plante, stationnaire pendant deux mois, s'est fait tout d'un coup.

1. Une graine moyenne pèse :

$0^{gr},00076$ humide:

0gr,00064 sèche.

Ce qui fait 84,5 centièmes de matière sèche.

2. 26 avril. Un végétal humide pèse 0gr,0067 ;

Sec, 0gr,0022.

Matière sèche, 30 centièmes.

C'est l'époque du repiquage.

3. 29 mai. Végétation commençante. On opère sur 92 pieds et on prend la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles (limbes).... | 0,165 | 0,0392 | 42,6 | 23,7 |
| Tiges............... | 0,175 | 0,0298 | 32,4 | 17,0 |
| Racines............ | 0,030 | 0,0082 | 8,9 | 27,5 |
| Infloresc., panicules. | 0,068 | 0,0148 | 16,1 | 21,7 |
| Plante totale.... | 0,438 | 0,0920 | 100,0 | 21,0 |

Plante riche en eau, surtout dans la tige ; prépondérance des feuilles.

4. 22 juin. On opère sur 8 pieds et on prend la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles......... | 3,275 | 0,7674 | 24,7 | 23,3 |
| Tiges et pétioles. | 5,212 | 1,0690 | 34,6 | 20,5 |
| Racines......... | 1,125 | 0,3530 | 11,4 | 31,2 |
| Fleurs.......... | 3,900 | 0,9142 | 29,3 | 23,4 |
| Plante totale. | 13,512 | 3,1036 | 100,0 | 23,0 |

La tige devient plus importante ; elle est très riche en eau, en raison de ses fonctions.

5. 16 juillet. Un pied. Début de la floraison sur ce pied.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles | 195,0 | 34,49 | 44,3 | 17,7 |
| Tiges | 380,0 | 34,51 | 44,4 | 9,1 |
| Racines | 65,5 | 6,17 | 7,9 | 9,1 |
| Radicelles | 15,1 | 2,61 | 3,4 | 17,3 |
| Infloresc. { Fleurs | 25,45 | 5,44 | 7,0 | 21,3 |
| Infloresc. { Axe | 3,7 | 1,22 | 1,6 | 31,8 |
| Plante totale | 686,75 | 84,44 | 100,0 | 12,3 |

La richesse en eau de la plante, ainsi que celle de la tige, est très grande ; sans doute à cause de l'état de la saison. Les tiges et les feuilles sont prépondérantes, la floraison étant bien moins avancée qu'avec les pieds précédemment analysés.

6. 17 septembre. Floraison en plein épanouissement. Un pied.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | centièmes |
| Feuilles | 200 gr. | 52,00 | 12,5 | 26,0 |
| Tiges | 700 | 150,57 | 36,3 | 21,5 |
| Racines | 70 | 14,355 | 3,5 | 20,5 |
| Radicelles | 45 | 13,99 | 3,4 | 31,1 |
| Inflorescences | 585 | 184,275 | 44,4 | 31,5 |
| Plante totale | 1600 | 415,19 | 100,0 | 26,0 |

Le rôle des inflorescences s'accuse, en même temps que celui des feuilles diminue. La tige est prédominante ; elle renferme moins d'eau que dans les analyses précédentes, quoique l'eau y domine toujours, ainsi que dans les racines.

7. 19 octobre. Fin de la végétation. Un pied.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles.......... | 49,0 | 43,38 | 13,6 | 86,5 |
| Tiges.............. | 140,0 | 111,00 | 34,9 | 79,3 |
| Racines........... | 40,0 | 32,69 | 10,3 | 81,7 |
| Inflorescences..... | 155,0 | 131,19 | 41,2 | 84,6 |
| Plante totale.... | 384,0 | 318,26 | 100,0 | 82,9 |

La plante s'est desséchée sur pied; la proportion relative de ses parties était peu modifiée.

## V. — Amarantus melancolicus ruber

Végétation lente, floraison tardive, fructification imparfaite, si ce n'est dans quelques pieds chétifs.

1. Le poids de la graine n'a pas été déterminé. Mais il ne doit pas différer notablement de celui des trois espèces d'*Amarantus* étudiées à ce point de vue, lesquelles oscillent autour de $0^{gr},0007$ humide et $0^{gr},0006$ sec.

2. Germination sous châssis, 26 avril. Un végétal pèse :

Humide, $0^{gr},0060$;

Sec, $0^{gr},0018$.

Il contient 30 centièmes de matière sèche.

3. 27 mai. Après repiquage. Végétation commençante.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles.......... | 0,724 | 0,188 | 65,8 | 26,0 |
| Tige.............. | 0,314 | 0,068 | 23,9 | 21,7 |
| Racines........... | 0,105 | 0,0295 | 10,3 | 28,1 |
| Plante totale..... | 1,143 | 0.2856 | 100,0 | 25,0 |

Les feuilles sont prépondérantes ; la dose de l'eau n'est pas très grande relativement.

4. 16 juillet. Avant la floraison.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles........... | 34,99 | 5,467 | 64,2 | 15,6 |
| Tiges et pétioles... | 21,54 | 2,116 | 24,9 | 9,8 |
| Racines........... | 7,51 | 0,927 | 10,9 | 12,4 |
| Plante totale..... | 64,04 | 8,510 | 100,0 | 13,3 |

L'eau a augmenté dans la plante totale et surtout dans la tige, qui en contient les neuf dixièmes de son poids ; proportion qui n'a guère été dépassée pour les Amarantes. Les feuilles sont prépondérantes.

5. 7 septembre. La floraison n'a pas encore eu lieu, malgré le développement considérable de la plante.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles......... | 218,80 | 53,380 | 39,8 | 24,4 |
| Tiges et pétioles. | 560,35 | 62,284 | 50,9 | 11,1 |
| Racines......... | 62,44 | 12,498 | 9,3 | 20,0 |
| Plante totale... | 841,59 | 134,162 | 100,0 | 16,0 |

La tige est devenue prépondérante, sans être moins aqueuse ; nous sommes toujours dans la période qui précède la reproduction.

6. 3 octobre. Floraison tardive. Pied moins développé que le précédent.

| | Humide. | Sec | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles | 85,0 | 26,627 | 46,8 | 26,6 |
| Tiges | 115,0 | 19,274 | 33,9 | 16,8 |
| Racines | 17,98 | 4,971 | 8,7 | 27,6 |
| Fleurs | 28,09 | 6,043 | 10,6 | 21,2 |
| Plante totale | 246,07 | 56,915 | 100,0 | 21,5 |

La tige est moins aqueuse, quoique toujours fort hydratée; les inflorescences jouent encore peu de rôle.

7. 19 octobre. Fin de la végétation. Pied chétif.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles | 10,33 | 3,420 | 25,5 | 33,1 |
| Tiges | 25,00 | 4,607 | 34,3 | 18,4 |
| Racines | 4,45 | 0,838 | 6,2 | 18,8 |
| Fleurs | 16,66 | 4,573 | 34,0 | 27,4 |
| Plante totale | 56,44 | 13,438 | 100,0 | 23,8 |

La végétation est épuisée, sans que la plante ait accompli son évolution régulière; l'état d'hydratation de ses diverses parties et leur proportion relative accusent cet état physiologique.

## VI. — Amarantus pyramidalis

1. Le poids de la graine n'a pas été déterminé (*voir* p. 54).

2. Le 26 avril, un végétal pèse :

$0^{gr},00142$ humide ;

$0^{gr},00102$ sec.

Ce qui fait 71 centièmes de matière sèche.

3. 16 juillet 1883. Le développement du végétal est considérable, mais la floraison est à peine ébauchée.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles........... | 170,0 | 29,75 | 36,5 | 17,5 |
| Tiges.............. | 400,0 | 40,12 | 49,1 | 10,0 |
| Racines........... | 44,2 | 6,59 | 8,1 | 14,9 |
| Radicelles......... | 24,8 | 3,50 | 4,3 | 14,1 |
| Fleurs............. | 8,3 | 1,62 | 2,0 | 19,3 |
| Plante totale.... | 647,3 | 81,58 | 100,0 | 12,6 |

Prépondérance de la tige, qui offre en même la dose d'eau maximum.

4. 7 septembre 1883. Floraison.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | centièmes |
| Feuilles......... | 810 gr. | 261,85 | 24,30 | 32,3 |
| Tiges........... | 2575 | 672,33 | 62,39 | 26,1 |
| Racines......... | 220 | 56,78 | 5,27 | 25,8 |
| Radicelles... ... | 110 | 33,92 | 3,15 | 30,8 |
| Fleurs.......... | 240 | 52,70 | 4,89 | 22,0 |
| Plante totale.. | 3955 gr. | 1077,68 | 100,00 | 27,2 |

Cette espèce se rapproche de l'*Amarantus giganteus*.

La tige reste prépondérante; mais la plante a commencé à s'enrichir en matières fixes, sans pourtant avoir donné lieu à un développement complet des organes de reproduction.

## VII. — Amarantus bicolor

1. Le poids de la graine n'a pas été déterminé (*voir* p. 54).

2. Le 26 avril, un végétal pèse :

$0^{gr},0044$ humide;

$0^{gr},0022$ sec.

Ce qui fait 50 centièmes de matière sèche.

3. Le 29 mai, on analyse la plante, après repiquage, et on opère sur 126 pieds. Voici les données pour une plante moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 0,1786 | 0,0365 | 69,24 | 20,5 |
| Tiges et pétioles. | 0,0738 | 0,0119 | 22,59 | 16,1 |
| Racines......... | 0,0214 | 0,0043 | 8,17 | 20,3 |
| Plante totale.. | 0,2738 | 0,0527 | 100,0 | 19,3 |

Prépondérance des feuilles ; hydratation de la tige.

4. 7 septembre. La floraison n'est pas commencée, bien que la végétation soit très développée.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 225 | 44,74 | 31,79 | 19,9 |
| Tiges........... | 600 | 77,14 | 54,82 | 12,8 |
| Racines......... | 108 | 18,84 | 13,39 | 17,4 |
| Plante totale.. | 933 | 140,72 | 100,00 | 15,1 |

La tige est devenue prépondérante et de plus en plus hydratée, comme il convient à la période initiale de la végétation.

5. 3 octobre. La floraison débute. Les pieds sont plus faibles que les précédents, et rappellent par leur végétation l'*Amarantus melancolicus*. On a opéré sur 5 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 6,00 | 2,13 | 13,24 | 35,5 |
| Tiges........ .... | 42,00 | 10,73 | 66,69 | 25,6 |
| Racines......... | 4,91 | 1,08 | 6,71 | 21,9 |
| Fleurs........... | 6,40 | 2,15 | 13,36 | 33,6 |
| Plante totale.. | 59,31 | 16,09 | 100,00 | 27,1 |

Tige prépondérante ; les matériaux fixes s'y sont accumulés.

Il s'est produit ici une particularité qui a donné lieu à une étude complémentaire. En effet, les graines de cette variété ont fourni en même temps des pieds de trois autres variétés, sensiblement différentes :

Les *Amarantus sanguineus*, *paniculatus*, *speciosus*.

Ces pieds ont été aussi analysés après la floraison. Voici les résultats qui les concernent.

VII *bis*. *Amarantus sanguineus*. — 16 juillet. On a opéré sur 2 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 41,5 | 11,159 | 42,68 | 26,7 |
| Tiges............ | 57,5 | 12,397 | 47,42 | 21,6 |
| Racines......... | 5,24 | 1,462 | 5,60 | 28,0 |
| Fleurs.......... | 3,73 | 1,124 | 4,30 | 30,1 |
| Plante totale.. | 107,97 | 26,142 | 100,00 | 24,2 |

Malgré le peu de développement des fleurs et la prépondérance de la tige, l'état d'hydratation de celle-ci accuse une végétation déjà avancée et qui a donné lieu à une fabrication considérable de matériaux fixes.

VII *ter*. *Amarantus paniculatus*. — 16 juillet. On a opéré sur 4 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles.......... | 30,0 | 4,638 | 51,55 | 15,5 |
| Tiges............ | 41,25 | 3,238 | 36,00 | 7,8 |
| Racines.......... | 9,30 | 1,120 | 12,45 | 12,0 |
| Plante totale... | 80,55 | 8,996 | 100,00 | 11,2 |

Cet échantillon représente un état de végétation moins avancé que le précédent ; les feuilles étaient prépondérantes, la tige très hydratée, les organes de reproduction non développés.

VII *quater*. *Amarantus speciosus*. — 3 octobre. 1 pied.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 42,0 | 9,56 | 9,05 | 22,8 |
| Tiges............ | 120,0 | 20,46 | 19,38 | 17,0 |
| Racines......... | 22,56 | 5,15 | 21,59 | 22,8 |
| Fleurs.......... | 195,0 | 52,77 | 49.98 | 27,1 |
| Plante totale.. | 379,56 | 82,94 | 100,00 | 21,9 |

L'inflorescence est belle et forte ; l'état d'hydratation de la tige et de la plante totale accuse un état correspondant de la végétation.

## VIII. — Célosie panachée

Cette espèce a donné lieu à un phénomène très digne d'intérêt et dont nous avons dû tenir compte dans nos analyses. En effet, elle s'est dédoublée en deux variétés, jaune et rouge. Mais le dédoublement n'est devenu manifeste qu'après

la floraison. Au début, les analyses ont donc porté sur le mélange des deux variétés.

1. La graine n'a pas été analysée. Elle est comparable à celle des Amarantes (p. 54).

2. 26 avril. Un végétal pèse :

Humide, $0^{gr},009$ ;

Sec, $0^{gr},0039$.

Soit 43 centièmes de matière sèche.

3. 29 mai. Plante lors du repiquage. On a opéré sur 70 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles............. | 0,3107 | 0,0382 | 45,15 | 12,4 |
| Pétioles et nervures. | 0,3171 | 0,0313 | 37,00 | 9,9 |
| Racines............. | 0,1357 | 0,0151 | 17,85 | 11,1 |
| Plante totale...... | 0,7635 | 0,0846 | 100,00 | 11,1 |

Feuilles prépondérantes ; plante totale et tige en particulier très hydratées, ce qui répond au commencement de la végétation.

4. 30 juin. La floraison ayant eu lieu, on a séparé les fleurs jaunes des fleurs rouges et on a analysé séparément les pieds correspondants.

Fleurs jaunes. On a opéré sur 9 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide. dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles.............. | 2,066 | 0,729 | 35,56 | 35,2 |
| Tiges et pétioles...... | 2,944 | 0,776 | 37,86 | 26,4 |
| Racines............... | 0,831 | 0,303 | 14,78 | 36,4 |
| Fleurs............... | 0,723 | 0,242 | 11,80 | 33,4 |
| Plante totale....... | 6,564 | 2,050 | 100.00 | 31,2 |

4 *bis*. Fleurs rouges. On a opéré sur 14 pieds et pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles | 2,764 | 0,847 | 37,02 | 36,6 |
| Tiges et pétioles | 3,657 | 0,835 | 36,50 | 22,8 |
| Racines | 1,764 | 0,368 | 16,08 | 21,3 |
| Fleurs | 0,826 | 0,238 | 10,40 | 28,8 |
| Plante totale | 9,013 | 2,288 | 100,00 | 25,4 |

La tige et les feuilles sont prépondérantes, l'inflorescence peu développée.

Les nombres observés montrent d'ailleurs qu'il y a peu de différence, à ce moment, entre les deux variétés; sauf que la variété rouge semble un peu plus hydratée que la variété jaune.

5. 3 octobre. Variété jaune, 2 pieds. Moyenne :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles | 4,525 | 1,446 | 10,15 | 31,9 |
| Tiges | 20,000 | 4,898 | 34,39 | 24,5 |
| Racines | 3,345 | 1,035 | 7,27 | 26,9 |
| Fleurs | 30,000 | 6,864 | 48,19 | 22,9 |
| | 58,370 | 14,244 | 100,00 | 24,4 |

Les tiges et surtout les inflorescences sont prépondérantes, le rôle des feuilles ayant diminué, sans doute parce qu'il se trouve suppléé par les inflorescences. L'accroissement comparatif de la tige est frappant, si l'on en rapproche le poids de celui des racines, dans les nos 4 et 5.

Enfin, le 5 octobre, la végétation de la Célosie est loin d'avoir accompli son évolution normale, la période de fructification n'étant pas à son terme.

5 *bis*. 3 octobre. Variété rouge, 2 pieds. Moyenne :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles......... | 2,48 | 0,96 | 6,69 | 38,7 |
| Tiges......... ... | 15,28 | 3,88 | 27,06 | 25,4 |
| Racines......... | 2,50 | 0,68 | 4,74 | 27,3 |
| Fleurs........... | 35,00 | 8,82 | 61,51 | 25,2 |
| | 55,26 | 14,34 | 100,00 | 26,0 |

Le rôle des feuilles a diminué, la tige et surtout les inflorescences ayant augmenté. Enfin, d'après ces nombres, les deux variétés de Célosie offrent une grande analogie, sauf une prépondérance plus marquée des organes de reproduction dans la variété rouge ; peut-être par suite des accidents de développement, car cette prépondérance ne se retrouve pas dans les analyses suivantes. Leur état d'hydratation est à peu près le même.

6. 19 octobre. Variété jaune, 2 pieds. Moyenne :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale Végétal total sec. | Rapport. de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles ........ | 2,9535 | 1,1265 | 9,94 | 38,1 |
| Tiges... ....... | 25,0000 | 4,7600 | 41,99 | 19,0 |
| Racines......... | 4,8900 | 0,8730 | 7,70 | 17,8 |
| Fleurs .......... | 9,9625 | 4,5755 | 40,37 | 45,9 |
| | 42,8060 | 11,3350 | 100,00 | 26,5 |

La prépondérance de la tige s'est encore accusée ; elle

l'emporte ici même sur les inflorescences, les feuilles jouant un rôle minime : nous approchons du terme de la vie végétale.

6 *bis*. 19 octobre. Variété rouge, 2 pieds. Moyenne :

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles.... .... | 13,0 | 5,945 | 18,14 | 45,7 |
| Tiges ........... | 82,5 | 16,465 | 50,24 | 20,0 |
| Racines......... | 9,95 | 1,865 | 5,69 | 18,7 |
| Fleurs .......... | 20,0 | 8,500 | 25,93 | 42,5 |
| | 125,45 | 32,775 | 110,00 | 26,1 |

La tige et les inflorescences prédominent également, la tige surtout à la fin, quoique la floraison se soit effectuée tardivement et d'une façon incomplète. Dans la variété rouge, la prépondérance finale de la tige est plus accusée que dans la variété jaune.

L'état moyen d'hydratation de la plante a peu varié du 30 juin au 19 octobre.

En somme, la Célosie se rapproche beaucoup des Amarantes par la marche de sa végétation.

---

Voici maintenant des analyses moins complètes, mais relatives à des végétaux de deux familles très différentes des précédentes et qui ne sont pas, à proprement parler, des plantes à salpêtre.

## IX. — GRANDE CONSOUDE (Borraginées).

27 mai 1883 :

| | Humide. | Sec. | Composition centésimale. Végétal total sec. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | |
| Feuilles | 23,10 | 6,40 | 37,4 |
| Tiges et pétioles | 22,80 | 3,25 | 18,9 |
| Racines | 22,70 | 7,51 | 46,7 |
| Plante totale | 68,6 | 17,16 | 100,0 |

Les fleurs avaient été mises à part; le poids en était très faible :

| | Humide. | | Sec. |
|---|---|---|---|
| 139 corolles recueillies sur plusieurs pieds pesaient | 6gr,6715; | soit 0gr,048 par corolle. | 0gr,007 |
| 250 calices recueillis sur plusieurs pieds pesaient | 5gr,2774; | soit 0gr,0203 par calice. | 0gr,004 |

On remarquera que les racines sont volumineuses et forment une fraction considérable du poids total. Les feuilles sont aussi très importantes ; la tige joue un rôle relatif moins accusé que dans les plantes précédentes.

## X. — LUZERNE (Légumineuses).

1. 25 juin 1883. 92 pieds; on a pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes. |
| Feuilles | 1,0869 | 0,2282 | 37,03 | 21,0 |
| Tiges | 1,5543 | 0,2915 | 47,29 | 18,8 |
| Racines | 0,3875 | 0,0966 | 15,68 | 24,8 |
| Plante totale | 3,0487 | 0,6163 | 100,00 | 20,3 |

La tige est prépondérante et les feuilles jouent un rôle notable.

2. 3 octobre 1883. Regain. 5 pieds; on a pris la moyenne.

| | Humide. | Sec. | Proportion centésimale. Végétal total sec. | Rapport de la mat. sèche à la mat. humide dans chaque partie |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | | centièmes |
| Feuilles .......... | 2,36 | 0,590 | 22,47 | 25,0 |
| Tiges............. | 3,31 | 0,796 | 30,31 | 24,1 |
| Racines .......... | 2,67 | 1,240 | 47,22 | 26,4 |
| | 8,34 | 2,626 | 100,00 | 31,5 |

D'après ces nombres, la marche de la végétation est, comme on pouvait le prévoir, sensiblement différente dans une plante herbacée que l'on fauche et qui repousse du pied, en fournissant un regain, telle que la luzerne ; la racine prend alors, à la fin, une importance spéciale.

---

Tels sont les résultats des analyses effectuées sur les dix espèces annuelles que nous avons étudiées au point de vue de l'accroissement général et de la répartition de cet accroissement entre les divers organes et les parties de la plante.

Les uns de ces organes, tels que les feuilles, et spécialement le limbe, qui comprend les parties vertes, représentent surtout les organes où se produisent d'abord les phénomènes chimiques de la nutrition. Les feuilles, en particulier, sont le siège des actions réductrices qui se développent d'abord et qui s'exercent à la fois sur l'acide carbonique de l'air, sur l'eau empruntée au sol et à l'atmosphère, sur les azotates et autres sels suroxydés, contenus ou formés dans la tige. Plus tard, c'est encore dans les feuilles que se produit l'accumu-

lation de certaines réserves, ainsi que celle des composés insolubles vers la fin de la végétation.

Les organes de reproduction sont absents au début de la végétation ; plus tard, ils deviennent le siège d un travail chimique fondamental pendant la floraison et la fructification. Ce travail est complexe. Pendant la floraison, l'oxydation est assez active ; mais plus tard les hydrates de carbone insolubles, tels que l'amidon et certains principes azotés, s'accumulent dans la graine. Dans certaines espèces, autres que celles que nous avons analysées, il conviendrait d'étudier aussi la formation des corps gras et leur accumulation dans la graine.

Quant aux racines, non seulement elles interviennent pour absorber l'eau et les sels solubles du sol ; mais elles remplissent aussi un rôle chimique et physiologique analogue à celui de la tige, dont elles sont la continuation. En outre, elles jouent à un certain moment le rôle de magasins, où s'accumulent les réserves.

Les tiges, auxquelles nous avons adjoint d'ordinaire, dans nos analyses, les pétioles et grosses nervures ; les tiges, disons-nous, sont le siège principal de la circulation des humeurs, pendant la vie du végétal. Elles sont en outre, comme nous le montrerons, et surtout pendant les périodes de grande vitalité, le siège de phénomènes d'oxydation très actifs. Enfin, plus tard, et à mesure que la végétation annuelle approche de son terme, les tissus ligneux se forment dans la tige et s'y accumulent.

Nous avons dû signaler ici ces faits, par anticipation sur les résultats de la partie suivante, et insister sur la signification générale de ces métamorphoses et accumulations de matières, afin de faire comprendre plus nettement l'origine des mutations et accroissements relatifs des diverses parties du végétal,

tels que nous venons de les préciser par les analyses contenues dans le présent Chapitre.

---

## TROISIÈME PARTIE

### Principes immédiats et fondamentaux dans la plante totale.

Examinons maintenant la formation et l'accumulation des principes immédiats et matériaux fondamentaux de la plante, à savoir :

Les principes ligneux et hydrates de carbone insolubles ;

Les hydrates de carbone solubles et matières extractives ;

Les principes albuminoïdes ;

Les sels solubles, définis par la proportion du carbonate de potasse des cendres ;

Enfin les matières fixes, susceptibles de devenir insolubles par incinération.

Les procédés par lesquels on détermine la proportion de ces divers principes ainsi que la signification générale des résultats analytiques ont été exposés dans notre première partie (*méthodes*, p. 7).

Nous avons appliqué ces procédés à l'étude de la composition immédiate des végétaux annuels et de la répartition de leurs matériaux fondamentaux, dans les diverses parties de la plante et aux diverses époques de la végétation, depuis la germination jusqu'à la floraison, la fructification et jusqu'à la marcescence finale, qui détermine la mort du végétal annuel. Nous avons fait ces études sur les dix espèces annuelles déjà

signalées, afin de donner aux comparaisons une signification plus étendue et plus précise.

Nous allons exposer les résultats de nos observations, en nous bornant à la plante sèche, c'est-à-dire en faisant abstraction de l'eau. La proportion de l'eau dans la plante totale et dans chacune de ses parties joue cependant un rôle essentiel; mais elle a été définie dans la partie précédente : il suffira de s'y reporter.

Chaque étude a été divisée en deux parties, comprenant :

1° La proportion des divers principes dans la plante totale, aux diverses époques de la végétation : c'est l'objet de la présente partie ;

2° La répartition de chacun de ces principes entre les diverses parties de la plante, aux mêmes époques : ce sera l'objet de la partie suivante.

Nous commencerons par la bourrache (*Borrago officinalis*).

## I. — Bourrache (Borraginées).

1. Graine :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| Ligneux, amidon, hydrates de carbone insolubles et corps analogues........ | gr. 0,0093 | 67,4 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc........................... | 0,0004 | 2,9 |
| Principes albuminoïdes................ | 0,0024 | 17,0 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse..................... | 0,00025 | 1,8 |
| Matières fixes insolubles.............. | 0,0013 | 9,5 |
| Matière grasse......................... | 0,00002 | 1,4 |
| Une graine pèse........ | 0,00140 | 100,0 |

Tel est le point de départ de l'évolution.

2. Plantule. 26 avril 1883 :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| Ligneux, hydrates de carbone insolubles, etc. | gr. 0,0073 | 43,9 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait. | 0,0034 | 20,0 |
| Principes albuminoïdes | 0,0024 | 12,4 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,0009 | 6,1 |
| Matières fixes insolubles | 0,003 | 17,6 |
| Une plante pèse | 0,017 | 100,0 |

3. 29 mai 1883. Végétation commençante :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles, etc. | gr. 0,592 | 41,7 |
| Hydrates de carbone solubles et extrait. | 0,244 | 17,2 |
| Principes albuminoïdes | 0,308 | 21,7 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse. | 0,102 | 7,2 |
| Matières fixes insolubles | 0,173 | 12,2 |
| Une plante pèse | 1,419 | 100,0 |

4. 12 juin. Floraison :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles, etc. | gr. 0,989 | 46,3 |
| Hydrates de carbone solubles et extrait. | 0,448 | 21,1 |
| Principes albuminoïdes | 0,309 | 14,7 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,204 | 9,6 |
| Matières fixes insolubles | 0,176 | 8,4 |
| Une plante pèse | 2,126 | 100,0 |

5. 12 juin. Pied un peu étiolé :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles | gr. 0,989 | 40,6 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc | 0,566 | 23,1 |
| Principes albuminoïdes | 0,321 | 13,1 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,303 | 12,4 |
| Matières fixes insolubles | 0,267 | 10,9 |
| Plante totale | 2,446 | 100,0 |

Malgré l'état de la plante, ces résultats ne diffèrent pas beaucoup des précédents.

6. 24 juillet 1883. Cette analyse a été écartée, à cause d'un commencement de dessiccation entre la récolte et l'analyse; ce qui modifie la répartition des produits solubles (p. 41).

7. 7 septembre 1883. Plante en bon état; fructification :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles, etc. | 29,72 | 59,1 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 8,57 | 17,1 |
| Principes albuminoïdes | 2,80 | 5,6 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 3,19 | 6,4 |
| Matières fixes insolubles | 5,93 | 11,8 |
| Plante totale | 50,21 | 100,0 |

8. 7 septembre 1883. Plante séchée sur pied, répondant à un degré d'évolution plus avancé :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles, etc. | 20,300 | 56,9 |
| Hydrates de carbone insolubles, extrait, etc. | 7,358 | 21,6 |
| Principes albuminoïdes | 1,615 | 4,9 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 2,780 | 8,2 |
| Matières fixes insolubles | 2,877 | 8,4 |
| Plante totale | 34,02 | 100,0 |

Les huit échantillons précédents se rapportent à la plante normale; les trois suivants ont été examinés dans des conditions spéciales, destinées à écarter l'influence de la floraison.

9. 22 juin. Pied vigoureux, mais sans inflorescence sensible (végétation retardée) :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux et hydrates de carbone insolubles, etc. | 8,935 | 43,1 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 6,210 | 30,1 |
| Principes albuminoïdes | 2,149 | 10,4 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 1,770 | 8,7 |
| Matières fixes insolubles | 1,566 | 7,7 |
| Plante totale | 20,650 | 100,0 |

10. Pied à inflorescences rejetées au moment de l'analyse. 30 juin :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux, etc. | 10,24 | 59,7 |
| Hydrates de carbone solubles, etc. | 4,06 | 23,7 |
| Principes albuminoïdes | 0,81 | 4,7 |
| Sels solubles, etc. | 1,23 | 7,3 |
| Matières fixes insolubles | 0,78 | 4,6 |
| Plante totale | 17,12 | 100,0 |

11. Pied dont les inflorescences ont été détruites systématiquement, au fur et à mesure, pendant deux mois et demi de végétation. 7 septembre :

| | Poids absolus. | Poids relatifs. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux, etc. | 32,27 | 68,4 |
| Hydrates de carbone solubles, etc. | 6,78 | 14,4 |
| Principes albuminoïdes | 1,49 | 3,2 |
| Sels solubles, etc. | 2,40 | 5,1 |
| Matières fixes insolubles | 4,22 | 8,9 |
| Plante totale | 47,16 | 100,0 |

Exposons les conclusions que l'on peut tirer de ces données, en passant en revue les divers matériaux de la plante.

Commençons par les principes hydrocarbonés, qui définissent spécialement la fraction du carbone.

*Ligneux et hydrates de carbone insolubles.* — Les chiffres

observés montrent d'abord que les poids absolus du ligneux et des hydrates analogues dans la bourrache croissent, depuis l'origine de la plante jusqu'au terme de sa végétation, et cela dans une proportion énorme et supérieure à tous les autres principes : ce qui est conforme d'ailleurs aux faits connus.

Le poids absolu des hydrates insolubles est stationnaire au début et pendant la germination :

| | gr. |
|---|---|
| Dans la graine (amidon compris)..... | 0,0093 |
| Dans la plantule (1) (26 avril)......... | 0,0073 |

Ce poids s'élève ensuite dans la plante :

| | gr. |
|---|---|
| 26 avril....................... | 0,007 |
| 29 mai........................ | 0,592 |
| 12 juin...................... .. | 0,989 |
| 7 septembre.................. | 29,72 |
| Idem (autre pied)... .......... | 20,30 |

La proportion relative du ligneux croît également, depuis la plantule jusqu'à la plante en fructification.

| | Centièmes. |
|---|---|
| 26 avril....................... | 43,6 |
| 29 mai........................ | 41,7 |
| 12 juin....................... | 46,4 |
| 7 septembre.................. | 59,1 |
| Idem (autre).................. | 56,9 |

Dans la graine, le chiffre des hydrates de carbone insolubles est maximum, parce qu'il comprend la réserve d'amidon destinée à la première alimentation du végétal, avant que ce dernier ait acquis la vigueur nécessaire pour assimiler le carbone extérieur.

Examinons maintenant à part le rôle des inflorescences.

La proportion du ligneux est le plus grande dans une plante

(1) Il faudrait ajouter le ligneux des enveloppes et autres parties de la graine, demeurées dans le sol.

privée systématiquement d'inflorescence, pendant un certain temps.

En effet, le 22 juin, dans une plante vigoureuse sans inflorescence, le ligneux était à peu près le même que dans la plante commençant à fleurir :

43,1 au lieu de 46,3;

Mais, le 7 septembre, il s'élevait à 68,4 centièmes dans la plante privée d'inflorescences; tandis que la plante qui avait fructifié en contenait seulement 59,1 centièmes.

Ceci s'explique en remarquant que, dans une plante privée d'inflorescences, tout le travail de la nutrition profite à l'accroissement des tissus; la consommation due aux fonctions de reproduction étant supprimée.

*Hydrates de carbone solubles et extrait.* — Il convient de rapprocher des principes ligneux les matières extractives solubles dans l'alcool aqueux, lesquelles sont formées pareillement, au moins en majeure partie dans les espèces que nous étudions ici, par des principes hydrocarbonés, sucres et autres. A la vérité, les corps azotés y entrent aussi, mais pour une fraction minime et que nous négligerons, dans ce premier ordre de comparaisons approximatives. La proportion de l'extrait nous montre dès lors, conjointement à celle du ligneux, la marche de la fixation du carbone et des éléments de l'eau dans le végétal.

Les principes de l'extrait jouent un rôle essentiel dans le développement de la plante ; car leur association avec l'eau constitue les sucs qui circulent dans la masse des tissus et qui sont les intermédiaires des phénomènes de nutrition.

Les tableaux des pages précédentes montrent quel est l'accroissement graduel des matériaux solubles dans la plante.

Ils ont varié depuis le poids suivant :

| | |
|---|---|
| Graine | 0gr,0004 |

jusqu'aux poids que voici :

| | gr. |
|---|---|
| 26 avril | 0,0034 |
| 29 mai | 0,244 |
| 12 juin | 0,448 |
| Idem (autre) | 0,556 |
| 7 septembre | 8,57 |
| Idem (autre) | 7,36 |

Ces variations sont aussi étendues, dans leur ordre, que celles des principes ligneux.

Cependant la proportion relative de ces deux genres de matériaux, qui comprennent les deux formes fondamentales des hydrates de carbone solubles et insolubles, ne change pas beaucoup. En effet, dans la plante étudiée, à chacune des époques où l'analyse a été faite, le poids des principes solubles est demeuré voisin du tiers du poids du ligneux ; sauf vers le début de la floraison, moment où un mouvement de nutrition et de transport plus actif répond à une proportion plus considérable de matériaux solubles. Ceux-ci avaient alors un poids égal à la moitié environ de celui du ligneux.

Dans la plante privée d'inflorescences, au contraire, les principes hydrocarbonés insolubles tendent à prédominer; par suite, l'extrait, qui varie en sens inverse, tombe au plus bas, presque au cinquième du poids du ligneux (7 septembre).

Après avoir défini la formation et la répartition des principes hydrocarbonés dans la plante, il convient de parler des principes azotés, lesquels contiennent d'ailleurs aussi du carbone et de l'hydrogène.

*Principes albuminoïdes.* — Les tableaux relatifs à la composition générale de la plante montrent que ces principes sont stationnaires au moment de la germination.

| | gr. |
|---|---|
| Graine | 0,0024 |
| Plantule (26 avril) | 0,0024 |

ce qui est conforme aux observations de M. Boussingault. Puis ils s'accroissent rapidement :

| | gr. |
|---|---|
| 29 mai | 0,308 |
| 12 juin | 0,309 |
| Idem (autre plante) | 0,321 |
| 7 septembre | 2,80 |
| Idem (autre plante) | 1,615 |

jusqu'à atteindre mille fois leur poids initial.

On remarquera qu'aux débuts de la végétation ils se sont accrus plus vite que les hydrates de carbone solubles. En effet, le rapport entre le poids des hydrates et celui des albuminoïdes a varié d'abord de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| 26 avril | 3 : 2 |
| 28 mai | 4 : 5 |

La proportion centésimale de ces deux ordres de principes dans la plante totale étant :

| | |
|---|---|
| 26 avril | 20,0 et 12,4 |
| 29 mai | 17,2 et 21,7 |

Ceci répond à une formation initiale plus active et prépondérante du protoplasma, point de départ des formations ultérieures. Mais presque aussitôt les hydrates de carbone ont repris l'avantage, et cet avantage s'est accentué, depuis la floraison jusqu'à la fin de la fructification, suivant les rapports suivants :

| | |
|---|---|
| 12 juin | 3 : 2 |
| 7 septembre | 4 : 1 |

La proportion centésimale de ces deux ordres de principes étant respectivement :

| | |
|---|---|
| 12 juin | 21,1 et 14,7 |
| Idem (autre) | 23,1 et 13,1 |
| 7 septembre | 17,1 et 5,6 |
| Idem (autre) | 21,6 et 4,9 |

Ces chiffres sont caractéristiques et propres à donner une idée de la faculté évolutive du végétal, aux diverses périodes de son existence ; faculté qui peut être regardée comme exprimée par la prépondérance croissante ou diminuante du poids du protoplasma, comparé à celui des hydrates de carbone exempts d'azote.

On comprend par là pourquoi le rapport des principes albuminoïdes au poids total du végétal ne varie pas beaucoup (14 à 21 centièmes), jusqu'à l'époque de la floraison ; tandis qu'il diminue ensuite et se réduit à 5 centièmes environ, au moment de la fructification et de la mort du végétal. Ce résultat tient surtout à la formation prépondérante du ligneux et des hydrates de carbone.

Dans la plante privée d'inflorescences, la même cause détermine un écart plus grand encore ; les albuminoïdes se réduisant à la fin aux 3 centièmes du poids du végétal total. Leur poids absolu, $1^{gr},49$, ne s'écarte pas assez de celui qu'ils présentent à la même époque dans le végétal en fructification ($1^{gr},615$ et $2^{gr},80$, le 7 septembre), pour que l'on puisse affirmer qu'ils aient été détruits ; étant données surtout les variations individuelles du poids de chaque pied de végétal. Il faudrait la moyenne d'un grand nombre d'analyses pour décider ce point. Néanmoins il nous paraît probable que les principes albuminoïdes, une fois formés, ne se détruisent pas notablement pendant la fructification.

En somme, la proportion relative des albuminoïdes varie en sens inverse de celle du ligneux. Elle décroît aussi, par rapport à celle des principes hydrocarbonés solubles ; celle-ci varie au contraire à peine, pendant la végétation de la Bourrache.

Il ne nous reste plus qu'à examiner les variations des matières minérales, solubles et insolubles, et leur répartition, dans les diverses conditions de l'évolution végétale.

*Sels solubles.* — Les sels organiques résultent de l'association des acides organiques avec les bases minérales, et spécialement avec la potasse, bases tirées du sol et des engrais. Ces acides sont en général des produits d'oxydation, corrélatifs de la même fixation d'oxygène qui engendre l'acide carbonique et les azotates.

Pendant l'incinération, les sels de potasse se changent en carbonate, sel soluble principal des cendres de la Bourrache. Nous avons regardé le poids de ce sel comme fournissant une mesure approchée de la dose des sels solubles de la plante.

Examinons comment ils varient et où ils se localisent.

D'après les tableaux des pages précédentes, les sels de potasse croissent en poids absolu, en même temps que la plante, depuis un quart de milligramme (graine) jusqu'à 3 grammes environ.

Leur proportion relative varie peu, de la plantule à la plante desséchée; car elle oscille entre 6 et 10 centièmes dans le végétal. Si on l'examine de plus près, on voit toutefois qu'elle est bien plus faible dans la graine (1,8 centième) que dans le végétal. Dans celui-ci, elle croît successivement pendant la vie :

| | |
|---|---|
| 26 avril................ | 6,1 centièmes |
| 29 mai................ | 7,2 |
| 12 juin................ | 9,6 |
| Idem (autre)........... | 12,4 |

Le maximum se produit aux débuts de la floraison ; le poids relatif des sels solubles diminuant plus tard :

| | |
|---|---|
| 7 septembre.......... | 6,4 centièmes |
| Idem (autre)........... | 8,2 |

ce qui s'explique par l'accumulation des principes ligneux et insolubles dans la plante.

Le minimum observé (5,1 centièmes) répond à la plante privée méthodiquement d'inflorescence, c'est-à-dire toujours à la prépondérance du ligneux (p. 74).

*Matières minérales insolubles.* — Ces matières, constatées après incinération, sont formées principalement de silice, de phosphate de chaux et de carbonate de chaux : les derniers sels représentent des sels organiques, tant solubles qu'insolubles, détruits par l'incinération.

Le poids absolu de ces matières va croissant dans la plante depuis $0^{gr},00013$ (graine) jusqu'à 3 grammes. Leur proportion relative est voisine, en général, de 10 centièmes à toute époque ; sauf un maximum dans la plantule.

Dans la graine et la plantule, lors de la végétation commençante, les corps fixes insolubles surpassent les sels alcalins solubles ; les proportions centésimales de ces deux ordres de principes, désignés, pour abréger, par les mots *solubles* et *insolubles*, étant :

| | Solubles. | | Insolubles. |
|---|---|---|---|
| Graine | 1,8 | et | 9,5 centièmes |
| 26 avril | 6,1 | et | 17,6 |
| 29 mai | 7,2 | et | 12,2 |

Au moment de la floraison, les proportions se renversent :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 12 juin | 9,6 | et | 8,4 centièmes |
| Idem (autre) | 12,4 | et | 10,9 |

Mais l'accumulation générale des matières insolubles, à la fin de la vie végétale, produit un effet contraire.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 septembre | 6,4 | et | 11,8 centièmes |
| Idem (autre) | 8,2 | et | 8,4 |

Il en est ainsi, aussi bien dans les plantes qui fructifient, telles que les précédentes, que dans le végétal privé systématiquement d'inflorescences, lequel a fourni :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 septembre | 5,1 | et | 8,9 centièmes |

Tels sont les faits observés pendant la végétation de la Bourrache. Il est nécessaire d'examiner les autres espèces.

En effet, des études faites sur plusieurs espèces appartenant à des familles différentes, sont nécessaires pour bien préciser les problèmes et fournir les éléments convenables à leur solution. Nous avons présenté d'abord les analyses faites sur la Bourrache; mais nous avons étudié simultanément la marche annuelle de la végétation dans neuf autres plantes; nous allons donner les tableaux généraux qui résument ces analyses, et nous en comparerons les résultats avec ceux que nous avons obtenus pour la Bourrache.

*Composition générale de la plante — Poids absolus.*

| | Graine. 1. | Plantule. — 26 avril. 2. | Végétation commençante. — 29 mai. 3. | Floraison commençante. — 30 juin. 4. | Floraison. — 11 sept. 5. | Fructification. — 19 oct. 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux et analogues | 0,00051 (*) | 0,00039 | 0,216 | 8,770 | 124,3 | 201,8 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 0,000025 (1) | 0,00047 | 0,160 | 3,471 | 20,74 | 29,8 |
| Principes albuminoïdes | 0,000076 | 0,00013 | 0,093 | 0,973 | 10,63 | 19,0 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,000011 | 0,00009 | 0,0845 | 2,662 | 9,69 | 20,3 |
| Matières fixes insolubles | 0,000013 | 0,00023 | 0,0555 | 1,017 | 13,16 | 30,3 |
| Plante totale | 0,000635 | 0,0013 | 0,610 | 16,150 | 177,8 | 287,9 |

*Poids relatifs.*

| | Graine. 1. | Plantule. 2. | Végétation commençante. 3. | Floraison commençante. 4. | Floraison. 5. | Fructification. 6. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ligneux et analogues | 80,1 | 30,0 | 35,4 | 54,3 | 69,4 | 70,1 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 4,0 | 36,2 | 26,3 | 21,6 | 11,7 | 10,4 |
| Principes albuminoïdes | 12,0 | 10,0 | 15,3 | 6,1 | 6,1 | 6,6 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 1,7 | 8,2 | 13,9 | 11,7 | 5,3 | 5,6 |
| Matières fixes insolubles | 2,2 | 15,6 | 9,1 | 6,3 | 7,4 | 7,3 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

(*) Comprend l'amidon

(1) Matière grasse : 0 gr,0000003

La prépondérance relative, aussi bien que la prépondérance absolue, du *ligneux* s'accuse de plus en plus, par suite du progrès de la végétation, pour l'*Amarantus caudatus*, comme pour la Bourrache.

Les *hydrates solubles* croissent moins vite ; leur rapport au ligneux passant de l'égalité au septième, dans l'évolution de l'*Amarantus caudatus*.

Rappelons que la formation de ces deux ordres de principes répond surtout à la fixation du carbone et des éléments de l'eau, phénomène prépondérant dans l'accroissement en poids du végétal.

Les *principes albuminoïdes* croissent aussi en poids absolu ; mais leur proportion relative varie suivant une autre loi. Elle est maximum, pour l'*Amarantus caudatus*, comme pour la Bourrache, aux débuts de la floraison (prépondérance du protoplasma) ; puis elle diminue beaucoup. Les limites de cette oscillation (15 et 6 centièmes) sont moindres pour l'*Amarantus caudatus* que pour la Bourrache (21 et 3 centièmes).

Les *sels de potasse* représentent, nous l'avons dit, les acides : tant les acides organiques que l'acide azotique, et par conséquent les phénomènes d'oxydation, générateurs de ces acides. Ces sels s'accroissent continuellement en poids absolu. Leur proportion relative est maximum, au même moment que celle des principes solubles et des albuminoïdes, c'est-à-dire aux débuts de la floraison. Il en est ainsi dans l'*Amarantus caudatus*, comme dans la Bourrache ; les variations étant moins étendues pour cette dernière plante.

Ce triple maximum traduit d'une façon frappante l'accroissement dans l'intensité de vie que la plante présente à ce moment.

Enfin les *matières fixes insolubles* croissent, mais plus lentement. Leur proportion relative est maximum dans la plan-

tule. Finalement elle surpasse celle du carbonate de potasse, dans l'*Amarantus caudatus* aussi bien que dans la Bourrache : circonstance qui atteste les emprunts continuels faits au sol par la plante. En effet, les matériaux d'emprunt sont pris nécessairement au sol sous une forme soluble ; mais une portion devient insoluble au sein de la plante.

Donnons à l'appui de ces résultats les tableaux suivants, relatifs aux autres espèces :

## III. — AMARANTUS NANUS.

*Composition générale de la plante. — Poids absolus.*

| | Graine. 1. | Végétation commençante. 29 mai. 2. | Floraison. 22 juin. 3. | Autre échantillon. 30 juin. 4. | Fructification. 7 sept. 5. |
|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux, etc | 0,00065 | 0,225 | 2,22 | 7,17 | 85,8 |
| Hydrates de carbone et extrait, etc | 0,0001 | 0,110 | 0,86 | 3,14 | 12,7 |
| Principes albuminoïdes | 0,0001 | 0.085 | 0,86 | 1,99 | 11,5 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,0001 | 0,038 | 0,34 | 2,03 | 5,3 |
| Matières fixes insolubles | 0,00002 | 0,060 | 0,47 | 1,01 | 7,8 |
| Plante totale | 0,00079 | 0,518 | 4,75 | 15,38 | 123,1 |

*Poids relatifs.*

| | Graine. 1. | Végétation commençante. 2. | Floraison. 3. | Autre échantillon. 4. | Fructification. 5. |
|---|---|---|---|---|---|
| Ligneux, etc | 81,85 | 42,9 | 46,7 | 46,7 | 69,7 |
| Hydrates de carbone et extrait | 1,0 | 21,5 | 18,1 | 20,45 | 10,3 |
| Principes albuminoïdes | 13,2 | 16,7 | 18,1 | 13,0 | 9,4 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 1,75 | 7,4 | 7,3 | 13,25 | 4,35 |
| Matières fixes insolubles | 2,2 | 11,5 | 9,8 | 6,6 | 6,25 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Les poids absolus sont très différents de ceux de l'*Amarantus caudatus*; mais la composition chimique relative est à peu près la même aux diverses époques et surtout à la fin.

## IV. — AMARANTUS GIGANTEUS.

*Composition générale de la plante. — Poids absolus.*

| | Graine. | Plantule. | Végétation commençante. | Floraison. | Débuts de floraison. | Pleine floraison. | Fin de végétation. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 26 avril. | 29 mai. | 22 juin. | 16 juill. | 17 sept. | 19 oct. |
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux, amidon, etc. | 0,00063 | 0,00055 | 0,096 | 1,942 | 32,1 | 271,5 | 219,6 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 0,000002 | 0,00055 | 0,0215 | 0,526 | 23,4 | 56,9 | 35,0 |
| Principes albuminoïdes | 0,00009 | 0,0004 | 0,0135 | 0,195 | 12,0 | 35,3 | 23,9 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse. | 0,00002 | 0,0002 | 0,010 | 0,195 | 10,8 | 26,6 | 15,9 |
| Matières fixes insolubles | 0,00002 | 0,0005 | 0,011 | 0,239 | 6,0 | 24,9 | 23,9 |
| Plante totale | 0,00076 | 0,0022 | 0,092 | 3,104 | 84,44 | 415,2 | 318,3 |

*Poids relatifs.*

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ligneux, etc. | 82,5 | 23,5 | 38,9 | 62,6 | 38,5 | 65,4 | 69,0 |
| Hydrates de carbone solubles et extrait, etc. | 0,2 | 23,0 | 23,5 | 17,0 | 28,1 | 13,7 | 11,0 |
| Principes albuminoïdes | 12,4 | 21,6 | 14,7 | 6,4 | 14,4 | 8,5 | 7,5 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse. | 2,2 | 8,1 | 11,0 | 6,2 | 12,9 | 6,4 | 5,0 |
| Matières fixes insolubles | 7,7 | 23,8 | 11,9 | 7,8 | 6,1 | 6,0 | 7,5 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Mêmes conclusions que pour l'*Amarantus caudatus* (p. 82).

## V. — Amarantus melancolicus ruber.

Rappelons que la végétation a été lente, la floraison tardive, la fructification imparfaite.

*Composition générale de la plante.*

*Poids absolus.*

| | Plantule (1). 26 avril. | Végétation commençante. 27 mai. | Avant la floraison. 16 juill. | Avant la floraison. 7 sept. | Floraison. 3 oct. | Fin de la végétation. 15 oct. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux et analogues... | 0,00055 | » | 2,89 | 62,2 | 25,4 | 7,20 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc.... | 0,00050 | 0,072 | 2,21 | 28,7 | 12,5 | 1,89 |
| Principes albuminoïdes. | 0,00031 | 0,050 | 1,46 | 18,3 | 7,41 | 1,45 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse............. | 0,00017 | » | 1,06 | 14,3 | 4,2 | 0,85 |
| Matières fixes insolubles. | 0,00024 | » | 0,89 | 10,7 | 7,4 | 1,93 |
| Plante totale... | 0,00177 | 0,286 | 8,52 | 134,0 | 56,9 | 13,37 |

*Poids relatifs.*

| | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ligneux et analogues... | 32,9 | » | 34,0 | 46,4 | 45,4 | 54,0 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc ... | 27,5 | 38,0 | 25,9 | 21,4 | 22,9 | 14,1 |
| Principes albuminoïdes. | 17,2 | 17,8 | 17,1 | 13,6 | 11,3 | 10,9 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse............. | 9,4 | » | 12,5 | 10,6 | 7,4 | 6,3 |
| Matières fixes insolubles. | 13,0 | » | 19,5 | 8,0 | 13,0 | 14,7 |
| Plante totale... | 100,0 | » | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

L'accroissement moindre du ligneux, la permanence des albuminoïdes et des principes solubles, dont les actions chimiques n'étaient pas accomplies, traduisent la végétation

(1) La graine n'a pas été analysée; mais elle peut être assimilée à celle des autres espèces d'amarante.

imparfaite et comme épuisée de cette plante ; l'accumulation des matières fixes insolubles est aussi caractéristique.

## VI. — Amarantus pyramidalis.

*Composition générale de la plante.*

*Poids absolus.*

| | Plantule 26 avril. 2. | Floraison à peine ébauchée. 16 juillet. 3. | Pleine floraison. 7 sept. 4. |
|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | |
| Ligneux et analogues.... | » | 37,8 | 750 gr. |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc..... | 0,00036 | 16,9 | 188 |
| Principes albuminoïdes.. | » | 11,4 | 41 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse.................. | 0,00002 | 9,1 | 54 |
| Matières fixes insolubles.. | 0,00022 | 6,4 | 45 |
| Plante totale..... | 0,00102 | 81,58 | 1078 gr. |

*Poids relatifs.*

| | Plantule 26 avril. 2. | Floraison à peine ébauchée. 16 juillet. 3. | Pleine floraison. 7 sept. 4. |
|---|---|---|---|
| Ligneux et analogues..... | » | 46,4 | 69.7 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc...... | 36,0 | 20,9 | 17,3 |
| Principes albuminoïdes... | » | 14,0 | 3,8 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse.................. | 2,0 | 11,2 | 5,1 |
| Matières fixes insolubles.. | 22,0 | 7,5 | 4,1 |
| Plante totale..... | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Mêmes conclusions que pour l'*Amarantus caudatus* (p. 82).

## VII. — Amarantus bicolor.

*Composition générale de la plante.*

*Poids absolus.*

| | Plantule. 26 avril. 2. | Végétation commençante. 29 mai. 3. | Avant la floraison. 7 sept. 4. | Débuts de la floraison. 3 oct. 5. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux et analogues.... | 0,00077 | 0,021 | 66,2 | 8,4 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc..... | 0,00033 | 0,011 | 38,1 | 4,1 |
| Principes albuminoïdes.. | 0,00013 | 0,009 | 16,2 | 1,2 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse................. | 0,00007 | 0,004 | 11,3 | 1,0 |
| Matières fixes insolubles. | 0,00090 | 0,008 | 9,9 | 1,4 |
| Plante totale.... | 0,00220 | 0,0527 | 140,72 | 16,09 |

*Poids relatifs.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ligneux et analogues.... | 35,0 | 39,2 | 46,4 | 52,0 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc..... | 15,0 | 20,3 | 27,1 | 25,2 |
| Principes albuminoïdes.. | 6,0 | 17,8 | 11,3 | 7,3 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse................. | 4,0 | 7,3 | 8,1 | 6,3 |
| Matières fixes insolubles. | 40,0 | 15,4 | 7,1 | 9,2 |
| Plante totale..... | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

La végétation de cette espèce est analogue à celle de l'*Amarantus melancolicus*.

## VIII. — Célosie panachée.

Cette espèce s'est dédoublée en deux variétés, l'une rouge et l'autre jaune. Les deux variétés ont été analysées séparément; elles ont donné d'ailleurs des résultats fort analogues.

*Composition générale de la plante.*

*Poids absolus.*

| | Plantule. 26 avril. | Végétation commençante. 29 mai. | Floraison, débuts. 30 juin. | | Floraison. 3 octobre. | | 19 octobre. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Jaune. | Rouge. | Jaune. | Rouge. | Jaune. | Rouge. |
| | 2. | 3. | 4. | | 5. | | 6. | |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Ligneux et analogues | 0,0017 | 0,034 | 1,18 | 1,30 | » | » | » | 18,9 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc | 0,0011 | 0,020 | 0,38 | 0,50 | 3,10 | 3,02 | 1,79 | 5,2 |
| Principes albuminoïdes | 0,0004 | 0,012 | 0,17 | 0,16 | 1,40 | 1,26 | 0,90 | 3,3 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 0,0002 | 0,007 | 0,19 | 0,18 | » | » | » | 1,6 |
| Matières fixes insolubles | 0,0005 | 0,012 | 0,13 | 0,15 | » | » | » | 2,8 |
| Plante totale | 0,0039 | 0,085 | 2,05 | 2,29 | 14,24 | 14,34 | 11,33 | 32,8 |

*Poids relatifs.*

| | Plantule. 26 avril. | Végétation commençante. 29 mai. | Floraison, débuts. 30 juin. Jaune. | Floraison, débuts. 30 juin. Rouge. | Floraison. 3 octobre. Jaune. | Floraison. 3 octobre. Rouge. | 19 octobre. Jaune. | 19 octobre. Rouge. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ligneux et analogues | 43,3 | 41,3 | 57,7 | 57,0 | » | » | » | 60,1 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc | 27,7 | 21,9 | 18,6 | 21,3 | 21,6 | 21,0 | 15,8 | 16,2 |
| Principes albuminoïdes | 10,2 | 14,6 | 8,0 | 7,0 | 9,9 | 8,7 | 7,9 | 10,3 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 4,4 | 8,2 | 9,4 | 8,0 | » | » | » | 4,9 |
| Matières fixes insolubles | 14,4 | 14,0 | 6,3 | 6,7 | » | » | » | 8,5 |
| Plante totale | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | » | » | » | 100,0 |

Le ligneux prédomine à la fin, comme pour les Amarantes; mais la Célosie se rapproche de ceux dont la végétation a été languissante.

## IX. — Grande Consoude (Borraginées).

27 mai.

| | Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Ligneux et analogues | 6,0 | 34,9 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 5,0 | 29,0 |
| Principes albuminoïdes | 4,4 | 25,6 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 1,5 | 8,7 |
| Matières fixes insolubles | 0,3 | 1,8 |
| Plante totale | 17,2 | 100,0 |

Cette composition répond aux débuts de la floraison (p. 65).

## X. — Luzerne (Légumineuses).

*Composition centésimale.*

| | I. — 25 juin. | II. — 3 oct. |
|---|---|---|
| | gr. | gr. |
| Ligneux et analogues | 77,5 | 61,8 |
| Hydrates de carbone solubles, extrait, etc. | 1,9 | 17,8 |
| Principes albuminoïdes | 10,7 | 11,0 |
| Sels solubles représentés par le carbonate de potasse | 5,4 | 3,1 |
| Matières fixes insolubles | 5,4 | 6,3 |
| Poids absolu de la plante | 0,616 | 2,626 |

On voit que les hydrates de carbone solubles se sont accrus considérablement pendant la deuxième phase de la végétation, laquelle correspondait au regain.

Quant aux conclusions de la présente partie, elles ne diffè-

rent pas de celles qui ont été exposées en parlant de la Bourrache (p. 72-80) ; elles offrent cet intérêt de les confirmer et de les généraliser.

---

QUATRIÈME PARTIE

## Répartition des principes immédiats et matériaux fondamentaux.

Précisons les données contenues dans la partie précédente, en examinant la répartition du ligneux, des hydrates de carbone solubles, des principes albuminoïdes, des sels solubles et des matières fixes insolubles, entre les diverses parties de la plante, et à chacune des époques auxquelles les analyses ont eu lieu. Ces analyses ont été exécutées, comme les précédentes, sur dix espèces distinctes.

### I. — *Bourrache* (*Borrago officinalis*).

#### 1° Ligneux.

Soit d'abord la répartition du ligneux et des hydrates de carbone insolubles congénères, entre les diverses parties de la plante.

Voici les résultats observés, à partir de l'époque où il a été possible d'analyser séparément ces parties.

RÉPARTITION DES PRINCIPES LIGNEUX

Végétation normale.

| | Végétation commençante. | Débuts de la floraison. | Plante un peu étiolée. | Fin de la floraison. Fructification. | Fin de la végétation. Plante séchée sur pied. |
|---|---|---|---|---|---|
| | 29 mai. | 12 juin. | 12 juin. | 7 sept. | 7 sept. |
| | 3. | 4. | 5. | 7. | 8. |
| *Poids absolus du ligneux.* | | | | | |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 0,438 | 0,389 | 0,40 | 3,31 | 3,89 |
| Tiges | 0,132 | 0,110 | 0,25 | 15,41 | 8,73 |
| Racines | 0,022 | 0,310 | » | 1,85 | 1,63 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,139 | » | 9,11 | 5,14 |
| Poids total du ligneux | 0,592 | 0,948 | 0,989 | 29,7 | 19,3 |
| Poids de la plante | 1,419 | 2,126 | 2,446 | 50,25 | 34,73 |
| *Poids relatifs du ligneux (en centièmes).* | | | | | |
| Feuilles | 42,8 | 46,2 | 30,8 | 54,7 | 57,0 |
| Tiges | 37,1 | 30,1 | 32,2 | 61,0 | 59,7 |
| Racines | 47,7 | 49,0 | » | 65,9 | 55,7 |
| Inflorescences | 0,0 | 54,6 | » | 56,6 | 53,1 |
| Ligneux dans la plante totale | 41,7 | 44,6 | 40,5 | 59,1 | 56,9 |

Plantes sans inflorescences.

| | Plante à inflorescences non développées. | Plante à inflorescences rejetées. | Plante à infloresc. éliminées pendant deux mois. |
|---|---|---|---|
| | 22 juin. | 30 juin. | 7 sept. |
| | 9. | 10. | 11. |
| *Poids absolus du ligneux.* | | | |
| | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 2,37 | 3,20 | 4,88 |
| Tiges | 4,15 | 6,00 (tiges et pétioles) | 24,24 (tiges et pétioles) |
| Pétioles | 1,06 | | |
| Racines | 0,66 | 1,0 (racines et radicelles) | 3,15 (racines et radicelles) |
| Radicelles | 8,71 | | |
| Poids total du ligneux | 8,955 | 10,26 | 32,27 |
| Poids de la plante | 20,650 | 17,124 | 47,16 |

| | Plante à inflo-rescences non développées. — 22 juin. 9. | Plante à inflo-rescences rejetées — 30 juin. 10. | Plante à infloresc. éliminées pendant deux mois. — 7 sept. 11. |
|---|---|---|---|

*Poids relatifs du ligneux (en centièmes).*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 35,0 | 59,0 | 59,5 |
| Tiges | 47,9 | 59,8 | 70,5 |
| Pétioles | 47,35 | | |
| Racines | 48,8 | 60,1 | 68,6 |
| Radicelles | 56,8 | | |
| Ligneux dans la plante totale. | 43,1 | 60,0 | 68,4 |

L'accroissement absolu du ligneux a lieu continuellement et dans toutes les parties, pendant le cours de la végétation. Il porte principalement sur la tige; les feuilles viennent ensuite et la racine en dernier lieu.

Il atteint son maximum, pour la tige, dans les plantes privées d'inflorescence; ce qui confirme la relation inverse signalée plus haut entre l'accroissement des tissus et la fonction de reproduction (p. 43 et 63).

Aussi les poids relatifs du ligneux vont-ils de même en croissant dans toutes les parties simultanément; l'accroissement étant plus marqué dans la tige et dans la racine que dans les feuilles. La tige et la racine (tige souterraine) offrent sous ce rapport une grande analogie.

Tous ces faits montrent la transition entre l'évolution de la plante annuelle et la végétation de l'arbre proprement dite.

### 2° Hydrates de carbone solubles et extrait.

La proportion de l'extrait traduit, aussi bien que celle du ligneux, la marche de la fixation du carbone et des éléments de l'eau dans le végétal.

Voici la répartition des hydrates de carbone solubles et de l'extrait, entre les diverses portions du végétal :

RÉPARTITION DES HYDRATES DE CARBONE SOLUBLES ET DE L'EXTRAIT

Végétation normale.

| | Végétation commençante. | Début de la floraison. | Un peu étiolée. | Fin de la floraison. Fructification. | Fin de la végétation. Plante séchée sur pied. |
|---|---|---|---|---|---|
| | 29 mai. | 12 juin. | 12 juin. | 7 sept. | 7 sept. |
| | 3. | 4. | 5. | 7. | 8. |
| *Poids absolus.* | | | | | |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 0,127 | 0,058 | 0,331 | 0,44 | 0,781 |
| Tiges | 0,108 | 0,155 | 0,200 | 5,64 | 3,932 |
| Racines | 0,009 | Racines.. 0,137<br>Radicelles. 0,014 | 0,029 | 0,510 | 0,842 |
| Inflorescences | 0,00 | 0,044 | 0,006 | 1,980 | 1,803 |
| Poids des hydrates solubles dans la plante tot. | 0,244 | 0,448 | 0,566 | 8,573 | 7,358 |
| Poids de la plante | 1,419 | 2,126 | 2,446 | 5,021 | 34,02 |
| *Poids relatifs des hydrates solubles (en centièmes).* | | | | | |
| Feuilles | 12,6 | 11,8 | 25,3 | 7,3 | 11,5 |
| Tiges | 30,1 | 42,2 | 26,5 | 22,3 | 26,8 |
| Racines | 20,0 | Racines.. 25,7<br>Radicelles. 14,6 | 18,6 | 18,3 | 28,8 |
| Inflorescences | 0,0 | 14,7 | 27,7 | 12,4 | 18,7 |
| Hydrates solubles dans la plante totale | 17,2 | 21,1 | 23,1 | 17,1 | 21,6 |

**Plantes sans inflorescences.**

| | Inflo-rescences retardées. — 21 juin. 9. | Inflo-rescences rejetées. — 30 juin. 10. | Plante privée méthodiquement d'inflorescences. — 7 sept. 11. |
|---|---|---|---|
| *Poids absolus.* | | | |
| | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 1,36 | 0,82 | 0,341 |
| Tiges | 3,28 | 2,84 | 5,869 |
| Pétioles | 0,96 | | |
| Racines | 0,49 | 0,40 | 0,660 |
| Radicelles | 0,12 | | |
| Poids des hydrates solubles dans la plante totale | 6,21 | 4,06 | 6,870 |
| Poids de la plante | 20,65 | 17,12 | 47,16 |

*Poids relatifs des hydrates solubles (en centièmes).*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 19,4 | 15,1 | 4,1 |
| Tiges | 37,5 | 28,2 | 16,8 |
| Pétioles | 35,0 | | |
| Racines | 35,0 | 23,8 | 14,3 |
| Radicelles | 21,9 | | |
| Hydrates solubles dans la plante totale | 30,1 | 23,7 | 14,4 |

Ainsi les principes solubles augmentent sans cesse en quantité absolue, pendant le cours de la végétation ; mais cet accroissement a lieu principalement dans la tige et dans les inflorescences. La tige est en effet la voie principale de la circulation des liquides, pendant la vie du végétal.

La proportion relative de l'extrait est également plus faible dans les feuilles de Bourrache que dans les autres régions de la plante ; tandis qu'elle est plus forte dans la tige.

Vers la fin de la végétation, la richesse de la racine en matière extractive devient tout à fait voisine de celle de la tige. C'est là un nouveau rapprochement entre les fonctions de la tige et celles de la racine, dite parfois *tige souterraine*.

Il est accentué par l'analyse des radicelles, plus pauvres en extrait : ce qui montre bien que celui-ci n'est pas emprunté, pour une portion considérable du moins, au sol environnant.

La proportion relative de l'extrait dans les diverses parties de la plante est le plus grande possible, au moment où la floraison commence ; c'est-à-dire au moment où les déplacements de matière sont le plus actifs.

Dans la plante privée méthodiquement d'inflorescences, l'extrait tombe au plus bas : circonstance corrélative de l'accumulation des principes ligneux insolubles dans les diverses parties du végétal.

### 3° Albuminoïdes.

Venons à la répartition des *albuminoïdes* :

RÉPARTITION DES PRINCIPES ALBUMINOIDES

**Végétation normale.**

| | Végétation commençante. — 29 mai. 3 | Débuts de la floraison. — 12 juin. 4 | Un peu étiolée. — 12 juin. 5 | Fructification. — 7 sept. 7 | Plante séchée sur pied. — 7 sept. 8 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Poids absolus des albuminoïdes.* | | | | | |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 0,257 | 0,195 | 0,252 | 0,453 | 0,415 |
| Tiges | 0,048 | 0,0235 | 0,070 | 0,651 | 0,439 |
| Racines | 0,003 | 0,034 | » | 0,043 | 0,078 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,056 | » | 1,586 | 0,683 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 0,308 | 0,309 | 0,321 | 2,733 | 1,615 |
| Poids de la plante | 1,419 | 2,126 | 2,446 | 50,21 | 34,02 |
| *Poids relatifs des albuminoïdes (en centièmes).* | | | | | |
| Feuilles | 25,4 | 23,1 | 19,2 | 7,4 | 6,2 |
| Tiges | 13,4 | 6,6 | 9,4 | 2,6 | 3,1 |
| Racines | 8,2 | 6,6 | » | 1,9 | 2,8 |
| Inflorescences | 0,0 | 18,8 | » | 10,3 | 7,1 |
| Dans la plante totale | 21,7 | 14,7 | 13,1 | 5,6 | 4,9 |

**Plantes sans inflorescences.**

| | Inflorescences retardées. | Inflorescences. rejetées. | Plante privée méthodiquement d'inflorescences. |
|---|---|---|---|
| | 22 juin | 30 juin | 7 sept. |
| | 9 | 10 | 11 |

*Poids absolus des albumidoïdes.*

| | gr. | gr. | gr. |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 1,42 | 0,43 | 0,486 |
| Tiges | 0,32 | 0,32 (Tiges et Pétioles) | 0,906 (Tiges et Pétioles) |
| Pétioles | 0,15 | | |
| Racines | 1,05 | 20,06 (Racines et Radicelles) | 0,093 (Racines et Radicelles) |
| Radicelles | 0,03 | | |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 24,19 | 0.81 | 1,495 |
| Poids de la plante | 20,65 | 17,12 | 47,16 |

*Poids relatifs des albuminoïdes (en centièmes).*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 20,4 | 7,9 | 6,0 |
| Tiges | 3,7 | 3,2 (Tiges et Pétioles) | 2,6 (Tiges et Pétioles) |
| Pétioles | 5,4 | | |
| Racines | 4,0 | 3,7 (Racines et Radicelles) | 2,0 (Racines et Radicelles) |
| Radicelles | 6,1 | | |
| Dans la plante totale | 10,4 | 4,7 | 3,2 |

Le poids absolu des albuminoïdes croît pendant la vie, mais beaucoup plus lentement que celui des autres principes. Leur répartition est très caractéristique ; car les albuminoïdes se trouvent concentrés au début dans la feuille, siège des parties vertes et du travail de réduction qui fixe le carbone et les éléments de l'eau.

Plus tard, ils se portent dans les inflorescences et dans le fruit, où a lieu le travail non moins actif de la reproduction ; tandis que dans les feuilles, où la vie diminue, la proportion relative de la matière azotée tombe au quart de ce qu'elle était d'abord. Leur diminution relative se manifeste d'ailleurs également dans la tige et dans la racine, à cause de l'accroissement des matières hydrocarbonées.

Précisons davantage, en analysant séparément la tige et les pétioles, réunis dans les analyses précédentes. Nous avons trouvé, en effet, dans une plante à inflorescence retardée (22 juin) :

3,7 centièmes de principes albuminoïdes dans la tige ;

5,4 centièmes dans les pétioles ;

Tandis que le limbe des feuilles contenait 20,5 centièmes de ces mêmes principes.

Les pétioles sont donc intermédiaires à cet égard, quoique bien plus voisins de la tige que du limbe.

Dans les racines et les radicelles de la même plante, la proportion des albuminoïdes était à peu près la même et voisine de 6 centièmes.

Tous ces faits sont dignes d'intérêt.

On peut confirmer ces observations par les analyses faites sur la plante privée méthodiquement d'inflorescences, analyses d'après lesquelles la proportion relative des albuminoïdes y est le plus faible possible. Ce n'est pas qu'elle diffère dans les parties conservées, feuilles, tiges, racines, à la même époque de la végétation. Mais les inflorescences n'existant pas, les albuminoïdes qu'elles auraient dû contenir ont disparu, sans profiter aux autres parties de la plante. Leur relation avec les fonctions de reproduction est rendue plus manifeste par cette contre-épreuve physiologique.

Il ne nous reste plus qu'à étudier les variations des matières minérales, solubles et insolubles, et leur répartition, dans les diverses conditions de l'évolution végétale.

### 4° Sels de potasse.

Les sels organiques résultent de l'association des bases minérales avec les acides organiques, lesquels sont en général

des produits d'oxydation, corrélatifs de la même fixation d'oxygène qui engendre l'acide carbonique et les azotates.

Examinons comment ils varient et où ils se localisent.

Rappelons d'abord que le poids des sels de potasse, tirés du sol et des engrais, croît avec celui de la plante, depuis un quart de milligramme jusqu'à 3 grammes environ (*voir* les tableaux ci-dessous). Mais leur proportion relative varie peu, de la plantule à la plante desséchée; car elle oscille entre 6 et 10 centièmes. Le minimum répond à la plante privée d'inflorescences, c'est-à-dire à la prépondérance du ligneux.

### RÉPARTITION DES SELS DE POTASSE

#### Végétation normale.

| | Végétation commençante. — 29 mai. 3. | Débuts de la floraison. — 12 juin. 4. | Plante un peu étiolée. — 22 juin. 5. | Fructification. — 7 sept. 7. | Plante séchée sur pied. — 7 sept. 8. |
|---|---|---|---|---|---|
| *Poids absolus du carbonate de potasse.* | | | | | |
| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Feuilles | 0,034 | 0,037 | 0,157 | 0,275 | 0,297 |
| Tiges | 0,983 | 0,033 | 0,146 | 0,962 | 0,529 |
| Racines | 0,0015 | 0,034 | » | 0,079 | 0,151 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0085 | » | 0,481 | 0,623 |
| Sels solubles dans la plante totale | 0,102 | 0,204 | 0,303+$x$ | 3,19 | 2,78 |
| Poids de la plante | 1,419 | 2,126 | 2,446 | 50,21 | 34,02 |
| *Poids relatifs du carbonate de potasse (en centièmes).* | | | | | |
| Feuilles | 5,6 | 7,9 | 11,9 | 8,0 | 6,6 |
| Tiges | 12,0 | 15,9 | 19,4 | 6,7 | 6,4 |
| Racines | 5,7 | 11,7 | » | 5,1 | 9,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 5,0 | » | 5,4 | 11,6 |
| Dans la plante totale | 7,2 | 9,6 | 12,4 | 6,4 | 8,4 |

**Plantes sans inflorescences.**

| | Inflorescences retardées. | Inflorescences rejetées. | Inflorescences méthodiquement retranchées. |
|---|---|---|---|
| | 22 juin. | 30 juin. | 7 sept. |
| | 9. | 10. | 11. |

*Poids absolus du carbonate de potasse.*

| | gr. | gr. | gr. |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 0,56 | 0,43 | 0,254 |
| Tiges | 0,86 | 0,69 (Tiges et Pétioles) | 1,023 (Tiges et Pétioles) |
| Pétioles | 0,18 | | |
| Racines | 0,14 | 0,11 (Racines et Radicelles) | 0,10 (Racines et Radicelles) |
| Radicelles | 0,25 | | |
| Sels solubles dans la plante totale. | 1,77 | 1,23 | 2,40 |
| Poids de la plante | 20,65 | 17,12 | 47,16 |

*Poids relatifs du carbonate de potasse (en centièmes).*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 8,3 | 8,1 | 5,5 |
| Tiges | 9,8 | 7,0 (Tiges et Pétioles) | 5,2 (Tiges et Pétioles) |
| Pétioles | 6,8 | | |
| Racines | 9,8 | 6,7 (Racines et Radicelles) | 3,8 (Racines et Radicelles) |
| Radicelles | 4,5 | | |
| Dans la plante totale | 8,7 | 7,3 | 5,1 |

Ainsi les sels de potasse croissent en poids absolu jusqu'à la fructification. Cet accroissement porte surtout sur la tige, siège principal de la circulation et de la formation du ligneux, et sur les organes de la fructification ; ces organes, aussi bien que la tige, sont d'ailleurs le siège principal des phénomènes d'oxydation dans le végétal.

La proportion relative des sels de potasse a été trouvée maximum dans la tige et la racine, au moment de la floraison. Plus tard, ils tendent à se répartir également entre les diverses régions.

La plante séchée sur pied a seule donné un excès dans les organes de fructification ; mais cet excès doit probablement

être attribué aux conditions physiques de la dessiccation opérée sur pied, lesquelles ont amené les sels dans les extrémités de la plante, plutôt qu'à une diversité physiologique proprement dite.

Dans la plante à inflorescence retardée, la répartition des sels de potasse est plus uniforme. On remarquera cependant que la proportion en est plus forte dans la tige que dans les pétioles, et dans les racines que dans les radicelles.

Dans la plante privée méthodiquement d'inflorescences, les sels de potasse sont minimum, comme proportion relative, dans toutes les parties pareillement. Ce résultat confirme, par une contre-épreuve, la relation établie plus haut entre les sels solubles et les phénomènes d'oxydation; ceux-ci ayant diminué, par suite de la suppression des fonctions de reproduction.

Toutes ces relations sont essentielles, au point de vue général du développement de la plante, comme au point de vue spécial de la formation des azotates, que nous nous proposons d'examiner bientôt.

### 5° Matières minérales insolubles des cendres.

Rappelons que ces matières dans les cendres sont formées principalement de silice, de phosphate de chaux et de carbonate de chaux (et de magnésie), ces derniers représentant surtout les sels organiques détruits par l'incinération. Le poids absolu de ces matières va croissant dans la plante jusqu'à 3 et 6 grammes (*voir* les tableaux ci-dessous). Leur proportion relative oscille entre 8 et 12 centièmes : soit en moyenne 10 centièmes à toute époque. Leur répartition est donnée par les tableaux suivants.

RÉPARTITION DES MATIÈRES MINÉRALES INSOLUBLES

## Végétation normale.

| | Végétation commençante. | Débuts de floraison. | Plante. un peu étiolée. | Fructification. | Plante séchée sur pied. |
|---|---|---|---|---|---|
| | — | — | — | — | — |
| | 29 mai. | 12 juin. | 11 juin. | 7 sept. | 7 sept. |
| | 3. | 4. | 5. | 7. | 8. |

*Poids absolus des matières fixes insolubles.*

| | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
|---|---|---|---|---|---|
| Feuilles | 0,144 | 0,091 | 0,165 | 1,378 | 1,270 |
| Tiges | 0,026 | 0,019 | 0,102 | 1,840 | 0,581 |
| Racines | 0,003 | 0,037 | » | 0,241 | 0,106 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,021 | » | 2,473 | 0,920 |
| Mat. fixes insolubles dans la plante totale. | 0,173 | 0,176 | 0,267+$x$ | 5,932 | 2,877 |
| Poids de la plante | 1,419 | 2,126 | 2,446 | 50,21 | 34,02 |

*Poids relatifs (en centièmes) des matières fixes insolubles.*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Feuilles | 13,6 | 10,9 | 12,7 | 22,5 | 18,7 |
| Tiges | 7,3 | 5,4 | 13,5 | 7,3 | 4,0 |
| Racines | 18,2 | 7,0 | » | 8,6 | 3,7 |
| Inflorescences | 0,0 | 6,8 | » | 15,4 | 9,5 |
| Dans la plante totale. | 12,2 | 8,4 | 10,9 | 11,8 | 8,4 |

## Plantes sans inflorescences.

| | Inflorescences non développées. | Inflorescences rejetées. | Plante dépouillée méthodiquement d'inflorescences. |
|---|---|---|---|
| | — | — | — |
| | 22 juin. | 30 juin. | 7 sept. |
| | 9. | 10. | 11 |

*Poids absolus des matières fixes insolubles.*

| | gr. | gr. | gr. |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 1,17 | 0,53 | 2,046 |
| Tiges | 0,10 | 0,16 | 1 658 |
| Pétioles | 0,15 | | |
| Racines | 0,09 | 0,09 | 0,525 |
| Radicelles | 0,06 | | |
| Matières fixes insolubles dans la plante. | 1,566 | 0,78 | 4,224 |
| Poids de la plante | 20,65 | 17,12 | 47,16 |

*Poids relatifs (en centièmes) des matières fixes insolubles.*

| | Inflorescences non développées. — 22 juin. 9. | Inflorescences rejetées. — 30 juin. 10. | Plante dépouillée méthodiquement d'inflorescences. — 7 sept. 11. |
|---|---|---|---|
| Feuilles | 16,8 | 9.9 | 24,9 |
| Tiges | 1,2 | 1,6 | 4,8 |
| Pétioles | 5,4 | | |
| Racines | 6,5 | 5,7 | 11,3 |
| Radicelles | 10,6 | | |
| Dans la plante totale | 7,7 | 4,6 | 8,9 |

Ainsi les matières minérales, qui donnent naissance aux cendres insolubles, s'accumulent dans les feuilles et dans les inflorescences, de préférence à toutes les autres parties; ce qui s'explique en admettant que les feuilles et les inflorescences sont le *terminus* de la circulation des liquides. La proportion relative de ces matières peut atteindre, vers la fin de la vie de la plante, au delà du cinquième du poids total des feuilles.

Observons toutefois qu'une portion de ces matières était constituée pendant la vie du végétal par des sels calcaires (ou magnésiens) solubles, que la calcination a transformés en carbonates insolubles.

La circulation de ces sels ne présente donc rien d'anormal dans le végétal vivant. Les phosphates de chaux, que l'on retrouve dans les cendres, peuvent provenir aussi de sels conjugués solubles, analogues aux glycériphosphates. Il reste cependant de la silice et des sels originairement insolubles dans la plante vivante, tels que l'oxalate de chaux, fréquemment observé.

Dès lors une remarque essentielle doit être faite. En effet, pour que les matières minérales insolubles tirées du sol arri-

vent jusqu'aux feuilles, il est nécessaire qu'elles soient transportées par les liquides, sous forme de dissolution ou d'émulsion. Encore la pénétration des émulsions à travers les membranes des racines est-elle difficile à comprendre : ce qui tend à réduire tous les phénomènes à des dissolutions. Les réactions qui rendent ces substances insolubles et les soustraient à la circulation des liquides doivent s'effectuer surtout dans les feuilles et les inflorescences.

La quantité absolue des matières minérales formant des cendres insolubles est notable dans la tige; mais leur proportion relative y est minimum, et elle tombe vers 4 centièmes au moment de la mort du végétal.

Les racines, que leur contact avec le sol semblerait rendre éminemment propres à déterminer à leur surface la fixation des matières insolubles, n'en renferment au contraire que le poids absolu le plus faible ; si ce n'est dans la plante privée d'inflorescences.

Au point de vue relatif, la proportion de ces matières dans la racine a été trouvée le plus grande au début, le plus petite au moment de la mort du végétal. L'absorption des substances venues du dehors ayant cessé, les matières susceptibles de devenir insolubles se trouvent alors transportées de préférence aux extrémités.

## AMARANTACÉES

La composition générale des espèces d'Amarante et des plantes congénères que nous avons étudiées a été définie dans la partie précédente. Nous allons examiner maintenant la répartition des matières fondamentales entre les diverses parties de chacune de ces plantes et aux diverses périodes de sa végétation. Nous présenterons nos tableaux, en prenant

comme base de notre exposition les principes immédiats. Les détails et les développements donnés relativement à la Bourrache permettent de grouper plusieurs espèces dans une même rédaction et de résumer celle-ci davantage ; surtout lorsque les résultats s'accordent avec ceux qui ont été observés sur cette première plante.

### 1° Ligneux et principes hydrocarbonés insolubles

#### II. — *Amarantus caudatus* (ligneux).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids. absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,108 | 36,1 |
| Tige | 0,077 | 31,3 |
| Racines | 0,031 | 47,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 0,216 | 35,4 |
| Poids de la plante | 0,610 | 100.0 |

Le ligneux est maximum dans la racine, où il ne dépasse cependant pas la moitié du poids de cette partie de la plante. Il forme le tiers des feuilles et de la tige et présente à peu près la même proportion dans la plante totale.

| | Floraison commençante. — 4. — 30 juin. Poids. absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,70 | 55,6 |
| Tige | 3,13 | 47,4 |
| Racines | 1,60 | 61,7 |
| Inflorescences | 0,34 | 56,5 |
| Ligneux dans la plante totale | 8,77 | 54,3 |
| Poids de la plante | 16,150 | 100,0 |

Le ligneux s'est accru en proportion relative, aussi bien qu'absolue, dans toutes les parties de la plante. Il est encore maximum dans les racines. Il forme la moitié environ des feuilles et de la tige, où il est minimum. Il forme la moitié à peu près de la plante totale.

| | Floraison. — 5. — 11 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 14,50 | 50,8 |
| Tige | 37,00 | 72,8 |
| Racines | 13,82 | 74,9 |
| Inflorescences | 59,00 | 72,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 124,32 | 69,4 |
| Poids de la plante | 177,8 | 100,0 |

Le ligneux a crû rapidement, et il est devenu prépondérant dans la tige, les racines, les inflorescences; tandis que sa proportion relative est demeurée à peu près la même dans les feuilles. Il forme plus des deux tiers de la plante totale.

| | Fructification. — 6. — 19 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 21,6 | 49,4 |
| Tige | 48,8 | 76.6 |
| Racines | 9,6 | 77,9 |
| Inflorescences | 121,8 | 72,4 |
| Ligneux dans la plante totale | 201,8 | 70,1 |
| Poids de la plante | 287,9 | 100,0 |

Le ligneux s'est accrû encore en proportion relative, dans la tige, les inflorescences et les racines, dont il forme les trois quarts. Sa proportion relative dans ces trois parties est à peu près la même. Ceci accuse très nettement les variations survenues dans la composition de la tige, depuis l'origine.

Dans les feuilles, au contraire, la proportion du ligneux est demeurée à peu près la même depuis le mois de juin; à toute époque postérieure, il forme la moitié environ du poids de ces organes.

Quant à la plante totale, la proportion du ligneux a passé également de 35 à 70 centièmes.

Tout ceci caractérise très nettement la marche de la végétation.

III. — *Amarantus nanus* (ligneux).

| | Végétation commençante. — 2. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,114 | 41,7 |
| Tige | 0,078 | 43,4 |
| Racines | 0,025 | 50,6 |
| Inflorescences | 0,008 | 35,4 |
| Ligneux dans la plante totale | 0,225 | 42,9 |
| Poids de la plante | 0,518 | 100,0 |

A ce moment, le ligneux est prépondérant dans la racine et il en forme la moitié ; dans les autres parties, il surpasse à peine le tiers. L'état de la plante étudiée répond d'ailleurs à une période un peu plus avancée que celui de l'échantillon d'*Amarantus caudatus*, analysé le même jour (p. 105).

| | Début de la floraison. — 3. — 22 juin. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,70 | 43,6 |
| Tige | 0,71 | 60,0 |
| Racines | 0,40 | 59,7 |
| Inflorescences | 0,41 | 53,2 |
| Ligneux dans la plante totale | 2,22 | 46,7 |
| Poids de la plante | 4,75 | 100,0 |

La feuille a peu changé. La tige et les racines, assez différentes aux débuts, se sont rapprochées entre elles, ainsi que les inflorescences, au point de vue de la richesse en ligneux.

| | Autre. — 4. — 30 juin. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 3,25 | 47,6 |
| Tige | 2,54 | 49,2 |
| Racines | 0,82 | 62,3 |
| Inflorescences | 0,56 | 58,4 |
| Ligneux dans la plante totale | 7,17 | 46,7 |
| Poids de la plante | 15,34 | 100,0 |

Ici le ligneux est maximum dans la racine et les inflorescences; la tige s'écartant peu des feuilles, sous ce rapport. La proportion totale du ligneux dans la plante totale est cependant à peu près la même que dans l'essai du 22 juin.

| | Fructification. — 5. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 7,7 | 54,9 |
| Tige | 12,2 | 75,3 |
| Racines | 2,9 | 75,2 |
| Inflorescences | 63,0 | 70,8 |
| Ligneux dans la plante totale | 85,8 | 69,7 |
| Poids de la plante | 123,1 | 100,0 |

La proportion du ligneux dans la feuille a peu changé; cette partie contient en ce moment la moitié de son poids de ligneux; précisément comme l'*Amarantus caudatus*, à la même époque. Le ligneux est prépondérant dans la tige et les racines, qui en contiennent les trois quarts. Enfin le ligneux forme les 70 centièmes de la plante totale.

Tous ces chiffres s'accordent avec les analyses de l'*Amarantus caudatus* et conduisent aux mêmes conclusions.

IV. — *Amarantus giganteus* (ligneux).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,014 | 34,6 |
| Tige | 0,012 | 40,7 |
| Racines | 0,0035 | 43,4 |
| Inflorescences | 0,0065 | 43,5 |
| Ligneux dans la plante totale... | 0,036 | 38,9 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

La feuille contient à ce moment le tiers de son poids de ligneux ; la tige et la racine ont des compositions voisines, contrairement à ce qui arrive pour les espèces précédentes. Les inflorescences s'en rapprochent aussi.

| | Floraison. — 4. — 22 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,436 | 58,1 |
| Tige | 0,766 | 72,5 |
| Racines | 0,202 | 57,4 |
| Inflorescences | 0,538 | 56,9 |
| Ligneux dans la plante totale... | 1,942 | 62,6 |
| Poids de la plante | 5,10 | 100,0 |

La tige renferme ici le maximum de ligneux, comme proportion relative ; les feuilles, racines, inflorescences ont des compositions voisines.

| | Inflorescences rejetées.<br>5. — 16 juillet<br>Poids.<br>absolu. | <br><br><br>relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles........................... | 12,9 | 37,3 |
| Tige.............................. | 12,5 | 36,0 |
| Racines........................... | 2,7 | 43,6 |
| Radicelles......................... | 1,1 | 40,3 |
| Ligneux dans la plante.......... | 29,2 | 38,4 |
| Poids de la plante.............. | 77,8 | 100,0 |

Cette plante, quoique plus développée, représente une période de végétation moins avancée que celle de l'échantillon précédent. Ses variations ne dépassent pas d'ailleurs l'étendue de celle de l'évolution physiologique d'une même espèce; mais il est utile de les signaler à ce point de vue et pour éviter toute généralisation prématurée.

| | Floraison.<br>6. — 17 septembre.<br>Poids.<br>absolu. | <br><br><br>relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles........................... | 24,1 | 46,4 |
| Tige.............................. | 104,7 | 69,5 |
| Racines, radicelles................. | { 9,3<br>10,3 } | 64,8 |
| Inflorescences..................... | 123,1 | 66,8 |
| Ligneux dans la plante totale..... | 271,5 | 65,4 |
| Poids de la plante............... | 415,2 | 100,0 |

Le ligneux dans les feuilles n'atteint pas la moitié du poids de ces parties; tandis qu'il s'élève aux deux tiers dans les autres organes de la plante.

| | Fin de la végétation.<br>7. — 7 octobre.<br>Poids.<br>absolu. | <br><br><br>relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles........................... | 19,8 | 45,6 |
| Tige.............................. | 86,0 | 77,5 |
| Racines........................... | 24,1 | 73,7 |
| Inflorescences..................... | 89,7 | 68,3 |
| Ligneux dans la plante totale..... | 219,6 | 69,0 |
| Poids de la plante............... | 318,3 | 100,0 |

Le ligneux dans la feuille reste toujours un peu au-dessous de la moitié. Mais il atteint les trois quarts du poids relatif dans la tige et les racines, lesquelles en renferment le maximum. Dans la plante, à cette époque, le ligneux forme les 69 centièmes.

Tout ceci s'accorde assez exactement avec les espèces précédentes.

V. — *Amarantus melancolicus* (ligneux).

| | Végétation commençante. — 3. — 27 mai. Poids. | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,050 | 27,0 |
| Tige | 0,033 | 48,3 |
| Racines | » | » |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Ligneux dans la plante totale | » | » |
| Poids de la plante | 0,286 | 100,0 |

Cette plante se développe mal et lentement. La proportion du ligneux dans la feuille, à ce moment, est inférieure à celle des autres espèces.

| | Avant floraison. — 4. — 16 juillet. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 1,75 | 32,4 |
| Tige | 0,76 | 36,5 |
| Racines | 0,38 | 36,4 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 2,89 | 34,0 |
| Poids de la plante | 8,52 | 100,0 |

Le ligneux dans la feuille reste au taux le plus bas.

Dans la racine et la tige, qui sont à peu près de même richesse, il dépasse à peine le tiers.

L'*Amarantus melancolicus* est, jusqu'à ce moment, l'espèce

d'Amarante où le ligneux se forme le moins abondamment. Sa floraison est d'ailleurs très tardive.

| | Avant floraison. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 22,6 | 42,2 |
| Tige | 31,6 | 46,3 |
| Racines | 8,0 | 64,4 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 62,2 | 46,4 |
| Poids de la plante | 134,0 | 100,0 |

Le ligneux est maximum dans la racine. Il ne forme cependant pas la moitié de la plante totale.

| | Floraison. — 6. — 3 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 10,2 | 38,5 |
| Tige | 9,1 | 47,8 |
| Racines | 2,7 | 55,4 |
| Inflorescences | 2,8 | 47,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 25,8 | 45,4 |
| Poids de la plante | 56,9 | 100,0 |

Dans la feuille, le ligneux surpasse à peine le tiers du poids relatif; il n'atteint pas la moitié du poids de la plante totale. Dans la racine, il est maximum, tout en y conservant une richesse assez voisine de celle de la tige et des inflorescences.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,67 | 51,9 |
| Tige | 2,51 | 54,4 |
| Racines | 0,44 | 52,8 |
| Inflorescences | 2,62 | 57,3 |
| Ligneux dans la plante totale | 7,24 | 54,8 |
| Poids de la plante | 13,4 | 100,0 |

A ce moment, le ligneux se trouve à peu près le même dans toutes les parties de la plante, les feuilles étant rapprochées des autres portions sous ce rapport. Il s'agit d'un pied chétif et retardé. Aussi la proportion du ligneux dans l'*Amarantus melancolicus* a-t-elle été en somme, et pendant tout le cours de la vie des échantillons étudiés, plus faible que dans les autres Amarantes. La végétation de cette espèce est remarquable et exceptionnelle sous ce rapport.

VI. — *Amarantus pyramidalis* (ligneux).

| | Floraison ébauchée. — 3. — 16 juillet. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 12,4 | 41,6 |
| Tige | 18,7 | 46,5 |
| Racines | 3,88 | 58,4 |
| Radicelles | 2,11 | 60,8 |
| Inflorescences | 0,80 | 48,8 |
| Ligneux dans la plante totale | 37,8 | 46,4 |
| Poids de la plante | 81,58 | 100,0 |

Les feuilles renferment la proportion minimum de ligneux. Les racines en contiennent le maximum; enfin les radicelles diffèrent peu des racines à cet égard.

L'*Amarantus pyramidalis* se rapproche de l'*Amarantus nanus*, à ce moment de sa végétation.

| | Floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 148,8 | 56,8 |
| Tige | 511,0 | 75,5 |
| Racines | 41,6 | 73,1 |
| Radicelles | 25,1 | 73,6 |
| Inflorescences | 24,7 | 47,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 751,0 | 69,7 |
| Poids de la plante | 1077,7 | 100,0 |

Le ligneux a crû dans toutes les parties ; il forme la moitié du poids relatif dans les feuilles et dans les inflorescences ; les trois quarts dans la tige et dans les racines ; les 70 centièmes dans la plante totale, sauf pour les inflorescences. Ce sont à peu près les mêmes chiffres que pour l'*Amarantus caudatus* et l'*Amarantus nanus*, à la même période de la végétation.

VII. — *Amarantus bicolor* (ligneux).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,0142 | 39,1 |
| Tige | 0,0047 | 39,3 |
| Racines | 0,0016 | 38,0 |
| Inflorescences | » | » |
| Ligneux dans la plante totale... | 0,021 | 39,2 |
| Poids de la plante | 0,527 | 100,0 |

A ce moment toutes les parties sont à peu près également riches en ligneux. Mais la végétation est languissante et rappelle le n° 4 de l'*Amarantus melancolicus*.

| | Avant la floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 16,8 | 37,6 |
| Tige | 37,7 | 48,8 |
| Racines | 10,8 | 57,3 |
| Inflorescences | » | » |
| Ligneux dans la plante totale..... | 65,2 | 46,4 |
| Poids de la plante | 140,72 | 100,0 |

La racine est prépondérante, quant à la proportion du ligneux ; tandis que la feuille vient en dernier lieu. Mais la

végétation est languissante et rappelle le n° 5 de l'*Amarantus melancolicus*.

| | Débuts de la floraison. — 5. — 3 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,0 | 45,8 |
| Tige | 5,7 | 52,6 |
| Racines | 0,6 | 54,0 |
| Inflorescences | 1,1 | 53,4 |
| Ligneux dans la plante totale | 8,4 | 52,0 |
| Poids de la plante | 16,09 | 100,0 |

Ici encore la composition en ligneux des diverses parties est analogue ; elle est voisine de la moitié du poids et rappelle l'état final de l'*Amarantus melancolicus* (n° 7).

Il s'agit toujours d'une plante languissante et dans laquelle la formation des principes immédiats se fait mal. Le poids même de l'échantillon analysé atteste cet état malingre de la plante.

VII *bis*. — *Amarantus sanguineus*, *paniculatus*, *speciosus* (ligneux).

Donnons encore les trois variétés développées en même temps que l'*Amarantus bicolor*.

| | Amarantus sanguineus. — 16 juillet. Poids | | Amarantus paniculatus. — 16 juillet. Poids | | Amarantus speciosus. — 3 octobre. Poids | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 4,73 | 42,4 | 1,57 | 34,0 | 3,3 | 34,8 |
| Tige | 7,08 | 57,1 | 1,02 | 31,7 | 13,7 | 65,8 |
| Racines | 0,85 | 57,9 | 0,45 | 40,5 | 15,6 | 68,5 |
| Inflorescences | 0,56 | 49,4 | » | » | 32,0 | 60,6 |
| Ligneux dans la plante totale | 13,22 | 49,9 | 2,04 | 33,8 | 64,3 | 61,1 |
| Poids de la plante | 26,14 | 100,0 | 9,00 | 100,0 | 105,6 | 100,0 |

L'*Amarantus paniculatus* est le moins avancé comme végétation, les inflorescences n'étant pas encore développées; aussi le ligneux y est-il minimum : à peu près comme dans l'*Amarantus bicolor*, le 29 mai. Au même moment, l'*Amarantus sanguineus* répond aux débuts de la floraison.

L'*Amarantus speciosus* a été analysé plus tard, à la fin d'un développement régulier; ce qui se traduit exactement par sa richesse relative en ligneux.

L'analyse de ces variétés confirme donc celle des espèces étudiées d'une façon plus approfondie.

VIII. — *Célosie panachée* (ligneux).

| | Végétation commençante. 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,017 | 46,2 |
| Tige | 0,011 | 35,9 |
| Racines | 0,006 | 40,1 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 0,034 | 41,3 |
| Poids de la plante | 0,0866 | 100,0 |

La végétation est peu vigoureuse et rappelle celle des *Amarantus bicolor* et *melancolicus*. La richesse en ligneux est minime dans la tige, faible dans la plante totale.

| | Débuts de la floraison. La plante s'est dédoublée en deux variétés. 4. — 30 juin. Jaune. Poids absolu. | relatif. | Rouge (4 *bis*). Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,44 | 58,2 | 0,52 | 61,0 |
| Tige | 0,45 | 59,7 | 0,46 | 54,6 |
| Racines | 0,17 | 55,6 | 0,20 | 54,9 |
| Inflorescences | 0,12 | 51,1 | 0,13 | 54,0 |
| Ligneux dans la plante totale | 1,18 | 57,7 | 1,31 | 57,0 |
| Poids de la plante | 2,050 | 100,0 | 2,288 | 100,0 |

La richesse en ligneux est devenue notable et comprise entre 51 et 61 centièmes ; elle est peu différente en somme dans les diverses parties.

Les deux variétés jaune et rouge offrent des compositions voisines dans leurs diverses parties, au point de vue de la proportion, soit relative, soit absolue du ligneux.

Floraison.

5. — 3 octobre.

| | Jaune. Poids absolu. | Jaune. Poids relatif. | Rouge (5 *bis*). Poids absolu. | Rouge (5 *bis*). Poids relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | » | » | » | » |
| Tige | 3,00 | 61,4 | 2,6 | 66,5 |
| Racines | » | » | » | » |
| Inflorescences | 3,43 | 50,1 | 4,8 | 54,8 |
| Ligneux dans la plante totale | » | » | » | » |
| Poids de la plante | 14,24 | 100,0 | 14,34 | 100,0 |

Le ligneux s'est formé en proportion relative et absolue très notable dans la tige. Les deux variétés diffèrent peu.

6. — 19 octobre.

| | Jaune. Poids absolu. | Jaune. Poids relatif. | Rouge (6 *bis*). Poids absolu. | Rouge (6 *bis*). Poids relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | » | » | 3,23 | 54,0 |
| Tige | 3,05 | 63,6 | 11,40 | 68,1 |
| Racines | » | » | 0,91 | 49,2 |
| Inflorescences | 2,84 | » | 4,36 | 51,2 |
| Ligneux dans la plante totale | » | » | 19,90 | 60,1 |
| Poids de la plante | 11,335 | 100,0 | 32,775 | 100,0 |

La formation du ligneux a continué. A cette époque, il constitue les deux tiers dans la tige, un peu plus de moitié dans

les feuilles. Sa proportion est relativement faible dans la racine et les inflorescences. Il n'atteint que 60 centièmes dans la plante totale. Ce dernier caractère place la Célosie entre les plantes languissantes (*Amarantus melancolicus* et *bicolor*) et les plantes à végétation active (*Amarantus caudatus*).

En résumé, d'après ces analyses, l'accroissement du ligneux et des principes analogues porte sur toutes les parties de la plante, tant d'une manière absolue que relative. Ces principes forment à la fin les trois quarts du poids de la tige et de la racine dans les Amarantes vigoureuses (*caudatus*, *nanus*, *pyramidalis*, *giganteus*), tout en demeurant en moindre proportion dans les feuilles.

Dans les espèces dont la végétation est demeurée languissante, la floraison lente, la fructification incomplète (*melancolicus*, *bicolor*), la proportion du ligneux surpasse à peine la moitié du poids et demeure à peu près la même dans les diverses parties. Ceci montre nettement la différence entre une plante qui fructifie mal, par suite d'une nutrition imparfaite, et une plante où la fructification a été supprimée par la destruction des inflorescences (*voir* p. 110).

IX. — *Grande consoude* (Borraginées).

| | 27 mai. — Poids relatif. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 45,8 |
| Tige | 49,3 |
| Racines | 76,8 |
| Ligneux dans la plante totale | 60,0 |
| Poids absolu de la plante | 17,16 |

Le ligneux est prépondérant dans les racines. Dans les feuilles il n'atteint pas la moitié du poids relatif.

X. — *Luzerne* (Légumineuses).

| | 25 juin. Poids absolu. | 25 juin. Poids relatif |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,14 | 62,6 |
| Tige | 0,27 | 86,8 |
| Racines | 0,08 | 84,4 |
| Ligneux dans la plante totale | 0,49 | 77,5 |
| Poids de la plante | 0,616 | 100,0 |

A ce moment, la prépondérance du ligneux dans cette espèce est bien plus forte que chez les Borraginées ou les Amarantacées. Il domine surtout dans la tige et les racines.

| | 3 otobre (regain). Poids absolu. | 3 otobre (regain). Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,20 | 34,0 |
| Tige | 0,52 | 65,0 |
| Racines | 0,89 | 72,9 |
| Ligneux dans la plante totale | 1,81 | 61,8 |
| Poids de la plante | 2,625 | 100,0 |

Pour cette plante, à l'état de regain, la production relative du ligneux a été moindre que dans la période initiale de la végétation ; il a baissé dans toutes les parties. Cependant il forme 65 à 72 centièmes dans la tige et les racines ; mais seulement 62 centièmes dans la plante totale.

### 2° Hydrates de carbone solubles et extrait

Nous allons donner les résultats des analyses, en suivant le même ordre que précédemment.

## AMARANTACÉES

II. — *Amarantus caudatus* (hydrates solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,066 | 22,2 |
| Tige | 0,082 | 33,5 |
| Racines | 0,012 | 18,1 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,160 | 26,3 |
| Poids de la plante | 0,610 | 100,0 |

Ainsi, aux débuts de la végétation, les hydrates de carbone solubles forment le cinquième du poids des feuilles et des racines ; ils constituent le tiers de la tige, où ils sont maximum, et le quart de la plante totale.

| | Floraison commençante. — 4. — 30 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,267 | 19,5 |
| Tige | 1,633 | 25,2 |
| Racines | 0,419 | 16,4 |
| Inflorescences | 0,162 | 26,9 |
| Hydrates dans la plante totale | 3,471 | 21,6 |
| Poids de la plante | 16,50 | 100,0 |

La proportion relative des hydrates de carbone solubles dans la plante totale a diminué, par suite de la formation des principes ligneux et insolubles. Cependant elle est demeurée à peu près la même dans la feuille (un cinquième) ; mais elle a diminué un peu dans la tige, où elle s'est réduite au quart. Cette proportion des hydrates de carbone solubles est à peu

près la même dans les inflorescences, où elle atteint un maximum ; maximum correspondant au grand travail physiologique qui s'y accomplit.

| | Floraison. — 5. — 11 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 5,934 | 20,8 |
| Tige | 6,024 | 12,0 |
| Racines | 1,305 | 7,2 |
| Inflorescences | 7,480 | 9,3 |
| Hydrates dans la plante totale | 20,743 | 11,7 |
| Poids de la plante | 177,8 | 100,0 |

La proportion relative des hydrates de carbone solubles est réduite à moitié dans la plante totale, ainsi que dans ses diverses parties, tiges et racines ; elle tombe au tiers dans les inflorescences, par suite du travail de la reproduction. Mais elle est demeurée la même dans les feuilles.

| | Fructification. — 6. — 19 octobre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 6,43 | 14,7 |
| Tige | 5,17 | 8,1 |
| Racines | 0,85 | 6,6 |
| Inflorescences | 17,35 | 10,3 |
| Hydrates dans la plante totale | 29,08 | 10,4 |
| Poids de la plante | 28,79 | 100,0 |

La diminution du poids des hydrates de carbone solubles s'accentue à la fois comme diminution absolue (sauf dans les feuilles) et comme diminution relative, dans toutes les parties sans exception. La tige, les inflorescences, les racines se rapprochent de plus en plus sous ce rapport ; mais les feuilles renferment toujours le maximum des hydrates

solubles. La proportion relative y reste encore les deux tiers de ce qu'elle était au début.

Tous ces faits caractérisent bien le rôle des hydrates solubles dans la nutrition du végétal et leur transformation en hydrates insolubles vers la fin de la végétation.

III. — *Amarantus nanus* (hydrates solubles).

| | Végétation commençante. — 2. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,049 | 18,3 |
| Tige | 0,046 | 26,6 |
| Racines | 0,010 | 19,1 |
| Inflorescences | 0,005 | 25,0 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,110 | 21,5 |
| Poids de la plante | 0,518 | 100,0 |

Ces résultats diffèrent à peine de ceux de l'*Amarantus caudatus* le 30 juin. Les hydrates de carbone solubles prédominent dans la tige et les inflorescences ; la feuille et les racines en contiennent un cinquième, et la plante totale 21 centièmes. Ces fortes doses répondent à une nutrition active et à un transport d'éléments rapide, au début des phénomènes de reproduction.

| | Début de la floraison. — 3. — 22 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,35 | 18,7 |
| Tige | 0,22 | 17,2 |
| Racines | 0,09 | 12,8 |
| Inflorescences | 0,20 | 22,6 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,86 | 13,1 |
| Poids de la plante | 4,75 | 100,0 |

L'inflorescence garde sa prépondérance ; tandis que la proportion relative des hydrates de carbone solubles est déjà affaiblie dans la tige et surtout dans la racine.

| | Autre. — 4. — 30 juin. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,03 | 14,3 |
| Tige | 1,64 | 29,3 |
| Racines | 0,31 | 19,3 |
| Inflorescences | 0,16 | 17,2 |
| Hydrates dans la plante totale | 3,14 | 20,45 |
| Poids de la plante | 15,34 | 100,0 |

Dans cet échantillon, les hydrates de carbone solubles sont au maximum dans la tige ; mais leur proportion relative a baissé dans les feuilles et les inflorescences. Ce sont là des variations individuelles.

| | Fructification. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,0 | 14,4 |
| Tige | 1,7 | 10,3 |
| Racines | 0,3 | 8,1 |
| Inflorescences | 8,7 | 9,8 |
| Hydrates dans la plante totale | 12,7 | 10,3 |
| Poids de la plante | 123,1 | 100,0 |

Les hydrates solubles ont baissé comme proportion relative dans la plante totale, où ils ne représentent plus que la moitié de leur proportion relative initiale : ce qui répond à l'accroissement du ligneux. Ils ont surtout diminué dans la tige, les feuilles retenant encore les deux tiers de leur proportion relative initiale.

Leur poids absolu n'a cependant pas cessé de croître. En somme, les proportions relatives des hydrates solubles dans les diverses parties de la plante sont à peu près les mêmes dans l'*Amarantus nanus* que dans l'*Amarantus caudatus*, arrivé à la même période de sa vie.

IV. — *Amarantus giganteus* (hydrates solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,0095 | 23,7 |
| Tige | 0,0075 | 24,4 |
| Racines | 0,002 | 23,6 |
| Inflorescences | 0,003 | 21,4 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,0215 | 23,5 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

A ce moment, il y a prépondérance relative des hydrates de carbone solubles, comme dans les autres Amarantes; tant dans la plante totale que dans ses diverses parties, où ils sont distribués en proportions très voisines. Ceci répond à une circulation et à un transport très actifs des éléments.

| | Floraison. — 4. — 22 juin. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,141 | 18,3 |
| Tige | 0,154 | 14,5 |
| Racines | 0,053 | 15,1 |
| Inflorescences | 0,178 | 19,6 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,526 | 17,0 |
| Poids de la plante | 5,10 | 100,0 |

Les hydrates de carbone solubles ont diminué comme pro-

portion relative, surtout dans la tige et les racines. Les feuilles et les inflorescences sont devenues prépondérantes à cet égard.

| | Inflorescences rejetées (8gr,66). — 5. — 16 juillet. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 8,36 | 24,4 |
| Tige | 11,44 | 33,2 |
| Racines | 1,56 | 28,9 |
| Radicelles | 1,04 | 17,4 |
| Hydrates dans la plante totale | 22,40 | 28,6 |
| Poids de la plante | 77,8 | 100,0 |

Il s'agit ici d'une plante en pleine vigueur de végétation commençante, et répondant à un état semblable à celui des analyses du 29 mai, au point de vue du moins des hydrates de carbone solubles. On remarquera que ceux-ci prédominent dans la tige et dans les racines, mais que les radicelles sont moins riches relativement.

| | Floraison. — 6. — 17 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 9,0 | 17,4 |
| Tige | 23,8 | 15,7 |
| Racines | 1,6 | 11,7 |
| Radicelles | 1,5 | 10,4 |
| Inflorescences | 0,21 | 11,4 |
| Hydrates dans la plante totale | 56,9 | 13,7 |
| Poids de la plante | 415,2 | 100,0 |

Ici les hydrates ont baissé relativement dans toutes les parties, quoique la tige demeure voisine des feuilles sous ce rapport.

Les racines et les radicelles sont aussi devenues très voisines à ce moment, comme richesse en hydrates solubles.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 8,2 | 18,9 |
| Tige | 7,2 | 6,5 |
| Racines | 3,4 | 10,5 |
| Inflorescences | 16,2 | 12,5 |
| Hydrates dans la plante totale | 35,0 | 11,0 |
| Poids de la plante | 318,3 | 100,0 |

Vers la fin de la végétation, la proportion relative des hydrates de carbone solubles dans l'*Amarantus giganteus* manifeste les mêmes caractères généraux et à peu près les mêmes chiffres que les *Amarantus caudatus* et *nanus*. Ces hydrates dominent pareillement dans les feuilles. Ils sont au minimum dans la tige et les racines, siège de la formation du ligneux et des hydrates insolubles.

V. — *Amarantus melancolicus* (hydrates solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 27 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,047 | 25,1 |
| Tige | 0,018 | 26,4 |
| Racines | 0,007 | 25,0 |
| Inflorescences | 0,00 | 0,0 |
| Hydrates dans la plante totale | 0,072 | 28,0 |
| Poids de la plante | 0,286 | 100,0 |

Grande richesse de toutes les parties en hydrates de car-

›one solubles; comme pour les autres espèces à leurs lébuts, au moment où la nutrition et le développement des issus sont le plus actifs.

| | Avant floraison. — 4. — 16 juillet. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles.. | 1,37 | 24,8 |
| Tige | 0,62 | 29,5 |
| Racines | 0,22 | 24,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Hydrates dans la plante totale.... | 2,21 | 25,9 |
| Poids de la plante | 8,52 | 100,0 |

Les caractères généraux de la répartition des hydrates de carbone solubles, comme richesse et uniformité, sont demeurés les mêmes, quoique le poids de la plante soit devenu 30 fois aussi grand.

| | Avant floraison. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 10,9 | 20,5 |
| Tige | 16,1 | 23,5 |
| Racines | 1,8 | 14,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Hydrates dans la plante totale.... | 2,87 | 21,4 |
| Poids dans la plante | 134,0 | 100,0 |

Les hydrates de carbone solubles sont encore très abondants, quoique ayant un peu diminué relativement. Ils sont au maximum dans la tige, au minimum dans la racine, et ils forment environ le cinquième dans les feuilles, comme dans les autres espèces congénères. Observons que le poids de la plante est 50 fois aussi considérable que le 27 mai.

| | Floraison. — 6. — 3 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 7,05 | 26,5 |
| Tige | 4,09 | 21,2 |
| Racines | 0,73 | 14,7 |
| Inflorescences | 1,33 | 22,1 |
| Hydrates dans la plante totale | 12,50 | 22,9 |
| Poids de la plante | 56,9 | 100,0 |

Cette analyse répond aux débuts de la reproduction et l'on y retrouve les particularités de cette période observées sur les autres espèces, où elle s'est produite beaucoup plus tôt.

| | Fin de la végétation. — 7 — 19 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,47 | 13,7 |
| Tige | 0,65 | 14,2 |
| Racines | 0,07 | 8,6 |
| Inflorescences | 0,70 | 15,3 |
| Hydrates dans la plante totale | 1,89 | 14,1 |
| Poids de la plante | 13,4 | 100,0 |

Il s'agit cette fois d'un échantillon chétif et à végétation épuisée. On remarquera la faiblesse du chiffre relatif aux hydrates de carbone solubles dans les feuilles, affaiblissement qui répond d'ordinaire à la fin de la végétation dans les plantes congénères. Mais à ce moment les hydrates de carbone solubles contenus dans la tige et les inflorescences n'avaient pas baissé dans la même proportion chez l'*Amarantus melancolicus*; ce qui montre que la formation du ligneux se faisait mal dans cet échantillon rachitique.

VI. — *Amarantus pyramidalis* (hydrates solubles).

| | Floraison ébauchée. — 3. — 16 juillet. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 5,05 | 17,0 |
| Tige | 9,84 | 24,7 |
| Racines | 1,17 | 18,2 |
| Radicelles | 0,55 | 15,9 |
| Inflorescences | 0.34 | 21,3 |
| Hydrates dans la plante totale | 16,9 | 20,9 |
| Poids de la plante | 81,58 | 100,0 |

| | Floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 64,47 | 24,7 |
| Tige | 93,34 | 13,9 |
| Racines | 8,30 | 14,4 |
| Radicelles | 3,44 | 10,5 |
| Inflorescences | 16,61 | 31,7 |
| Hydrates dans la plante totale | 186,2 | 17,3 |
| Poids de la plante | 1077,7 | 100,0 |

Les hydrates de carbone solubles dominent d'abord dans la tige ; leur proportion relative étant moindre dans les inflorescences, et surtout dans les feuilles, les racines et les radicelles : ces dernières répondent au minimum. Plus tard, dans la tige et les racines, la proportion relative des hydrates de carbone solubles baisse ; tandis qu'elle s'élève dans les feuilles, et surtout dans les inflorescences, où elle atteint un taux exceptionnel. Observons, d'ailleurs, que la deuxième analyse répond à une végétation tardive et où la floraison ne fait guère qu'arriver à son état normal. Elle correspond aux analyses de mai ou juin pour les *Amarantus caudatus* et *giganteus*.

[illegible]

| | Végétation commencante. — [illegible] | |
|---|---|---|
| | Poids | |
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | [illegible] | [illegible] |
| Tige | [illegible] | [illegible] |
| Racines | [illegible] | [illegible] |
| Inflorescences | | [illegible] |
| Hydrates dans la plante totale | [illegible] | [illegible] |
| Poids de la plante | [illegible] | [illegible] |

[illegible] les feuilles renferment le maximum d'hydrates solubles, [illegible] les feuilles en contiennent le minimum.

| | Avant floraison. — [illegible] septembre. | |
|---|---|---|
| | Poids | |
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | [illegible] | [illegible] |
| Tige | [illegible] | [illegible] |
| Racines | [illegible] | [illegible] |
| Inflorescences | [illegible] | [illegible] |
| Hydrates dans la plante totale | [illegible] | [illegible] |
| Poids de la plante | [illegible] | [illegible] |

La végétation devenant plus active, les hydrates solubles se sont accrus dans les feuilles et dans la tige, qui en renferme à ce moment le maximum relatif.

| | Débuts de floraison. — [illegible] — 3 octobre. | |
|---|---|---|
| | Poids | |
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,47 | 22,4 |
| Tige | 3,01 | 28,1 |
| Racines | 0,15 | 13,6 |
| Inflorescences | 0,43 | 19,9 |
| Hydrates dans la plante totale | 4,1 | 25,2 |
| Poids de la plante | 16,09 | 100,0 |

L'état de ce pied, chétif et à végétation languissante et ·tardée, donne lieu aux mêmes remarques que le précédent, ı ce qui touche les hydrates de carbone solubles; à cela près ıe ceux-ci sont en dose considérable dans les inflores- ›nces, qui n'existaient pas pendant les périodes précédentes; ındis qu'ils ont diminué dans les racines.

VII *bis.* — ***Amarantus sanguineus, paniculatus, speciosus.***

Ces variétés ont accompagné l'*Am. bicolor*.

| | Amarantus sanguineus. — 16 juillet. Poids | | Amarantus paniculatus. — 16 juillet. Poids | | Amarantus speciosus. — 30 octobre. Poids | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | absolu. gr. | relatif. | absolu. gr. | relatif. | absolu. gr. | relatif. |
| Feuilles | 2,07 | 18,6 | 1,18 | 25,3 | 2,28 | 23,9 |
| Tige | 2,81 | 22,7 | 1,14 | 35,2 | 2,85 | 14,0 |
| Racines | 0,20 | 13,7 | 0,33 | 29,6 | 2,20 | 9,7 |
| Inflorescences | 0,23 | 21,0 | » | » | 7,07 | 13,4 |
| Hydrates dans la plante totale.. | 1,31 | 50,0 | 2,65 | 29,4 | 14,4 | 13,7 |
| Poids de la plante. | 26,14 | 100,0 | 8,996 | 100,0 | 105,59 | 100,0 |

Dans les deux premières variétés, dans l'*Amarantus paniculatus* surtout, la dose des hydrates est élevée et répond aux commencements de la végétation. La tige y est prépondérante sous ce rapport. Pour l'*Amarantus speciosus*, qui s'est rapproché du terme de sa végétation, la tige, les racines et même les inflorescences se sont appauvries relativement; tandis que les feuilles ont atteint le maximum.

VIII. — *Célosie panachée* (hydrates solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles .................... | 0,008 | 17,4 |
| Tige .................... | 0,009 | 25,9 |
| Racines .................... | 0,004 | 25,[illegible] |
| Inflorescences .................... | » | » |
| Hydrates dans la plante totale.... | 0,020 | 21,9 |
| Poids de la plante .............. | 0,087 | 100,0 |

Les hydrates de carbone solubles sont au maximum dans la tige et la racine, au minimum dans les feuilles; comme aux débuts des divers Amarantes.

| | Débuts de la floraison. — 4. — 31 juin. Jaune. Poids | | Rouge (4 *bis*). Poids | |
|---|---|---|---|---|
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles................ | 0,11 | 15,0 | 0,13 | 15,3 |
| Tige .................. | 0,15 | 19,1 | 0,22 | 25,9 |
| Racines................ | 0,06 | 19,3 | 0,085 | 22,3 |
| Inflorescences........... | 0,07 | 27,5 | 0,06 | 25,0 |
| Hydrates dans la plante totale.............. | 0,39 | 18,6 | 0,50 | 21,3 |
| Poids de la plante...... | 2,05 | 100,0 | 2,29 | 100,0 |

Mêmes remarques que ci-dessus, pour la tige, les racines et les inflorescences.

| | Floraison. — 5. — 3 octobre. Jaune. Poids | | Rouge (5 *bis*). Poids | |
|---|---|---|---|---|
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles................ | 0,28 | 18,7 | 1,08 | 19,3 |
| Tige .................. | 0,93 | 18,6 | 0,60 | 16,4 |
| Racines................ | 0,21 | 20,8 | 0,71 | 18,1 |
| Inflorescences........... | 1,68 | 24,4 | 0,86 | 23,8 |
| Hydrates dans la plante totale........... ... | 3,10 | 21,6 | 3,2 | 21,0 |
| Poids de la plante..... | 14,24 | 100,0 | 14,34 | 100,0 |

Les hydrates de carbone solubles ont baissé comme proportion relative; si ce n'est dans les feuilles et surtout dans les inflorescences.

| | 6. — 19 octobre. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Jaune. Poids | | Rouge (6 *bis*). Poids | |
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,17 | 15,6 | 0,85 | 14,0 |
| Tige | 0,07 | 14,2 | 2,06 | 12,6 |
| Racines | 0,17 | 18,2 | 0,38 | 20,8 |
| Inflorescences | 0,75 | 17,2 | 2,03 | 23,5 |
| Hydrates dans la plante totale | 1,16 | 15,8 | 5,2 | 16,2 |
| Poids de la plante | 11,33 | 100,0 | 32,77 | 100,0 |

Mêmes observations que plus haut. La richesse relative des racines en hydrates de carbone solubles est remarquable. Observons toutefois qu'il s'agit ici d'une plante à végétation languissante, où la fructification s'est mal faite.

IX. — *Grande consoude* (Borraginées. — Hydrates solubles).

| | Poids relatif 27 mai. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 10,8 |
| Tige | 22,6 |
| Racines | 11,4 |
| Hydrates dans la plante totale | 29,0 |
| Poids absolu de la plante | 17,16 |

Les hydrates sont ici prépondérants dans la tige, comme il convient à la période des débuts de la floraison.

X. — *Luzerne* (Légumineuses. — Hydrates solubles).

| | 25 juin. — 3 octobre (regain). Poids relatifs. | |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,6 | 28,5 |
| Tige | 0,9 | 15,1 |
| Racines | 0,8 | 14,3 |
| Hydrates dans la plante totale | 1,9 | 17,8 |
| Poids absolu de la plante | 0,616 | 2,625 |

Aux débuts, les hydrates de carbone solubles étaient ici bien moins abondants que dans les Amarantes, par suite de la prépondérance du ligneux. Mais ils se sont formés en quantité bien plus grande dans le regain, qui répond à la végétation de seconde période. Ils dominent alors dans les feuilles. Il y aurait lieu à cet égard à des recherches spéciales et plus développées sur les légumineuses et plantes des prairies.

En résumé, les principes hydrocarbonés solubles et transportables par la sève (extrait, etc.) tendent à s'accroître continuellement en poids absolu pendant la végétation. Quant à leur proportion relative, elle augmente d'abord, puis diminue ensuite, à cause de la formation du ligneux et des hydrates insolubles. Elle est au maximum au moment de la floraison, surtout dans la tige, pour les plantes examinées.

A la fin, elle était devenue le plus forte dans les feuilles des Amarantes vigoureuses (*caudatus*, *nanus*, *giganteus*, *pyramidalis*). La tige ne conservait son avantage à cet égard que dans les plantes affaiblies (*melancolicus*, *bicolor*).

### 3° Albuminoïdes.

L'existence et la proportion de ces principes sont capitales, comme répondant au protoplasma et aux matières qui président à l'évolution végétale.

II. — *Amarantus caudatus* (albuminoïdes).

| | Végétation commençante — 3. — 29 mai. Poids absolu. | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,058 | 19,4 |
| Tige | 0,028 | 11,2 |
| Racines | 0,075 | 11,3 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,093 | 15,3 |
| Poids de la plante | 0,610 | 100,0 |

A cette époque, les albuminoïdes sont à leur maximum relatif, surtout dans la feuille ; ce qui s'explique par leur rôle dans l'évolution vitale à laquelle ils président. Même dans la tige, ils constituent le neuvième du poids. Enfin, la tige et la racine en renferment la même dose; ce qui montre la parenté de ces deux organes.

| | Floraison commençante. — 4. — 30 juin. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,433 | 6,7 |
| Tige | 0,352 | 5,5 |
| Racines | 0,146 | 5,7 |
| Inflorescences | 0,042 | 7,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,973 | 6,1 |
| Poids de la plante | 16,150 | 100,0 |

Le poids absolu des albuminoïdes a décuplé. Mais leur proportion relative est réduite au tiers dans les feuilles, à la moitié dans la tige et la racine : celles-ci sont restées d'ailleurs de même richesse relative. Enfin, les inflorescences en contiennent la plus forte dose. On voit, par ces résultats, que la croissance des albuminoïdes a suivi une marche plus lente que celle des hydrates de carbone solubles et insolubles.

| | Floraison. — 5. — 11 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 2,41 | 8,9 |
| Tige | 0,93 | 1,9 |
| Racines | 0,36 | 2,0 |
| Inflorescences | 6,93 | 8,9 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 10,63 | 6,1 |
| Poids de la plante | 177,8 | 100,0 |

Le poids absolu des albuminoïdes est devenu 20 fois aussi grand, tandis que celui de la plante est devenu près de 500 fois aussi considérable. A ce moment, les albuminoïdes sont surtout concentrés dans la feuille.

| | Fructification. — 5. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,9 | 6,7 |
| Tige | 0,75 | 4,4 |
| Racines | 0,15 | 3,8 |
| Inflorescences | 9,7 | 10,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 11,5 | 9,4 |
| Poids de la plante | 123,3 | 100,0 |

Le poids absolu des albuminoïdes a sextuplé. Leur proportion relative a diminué d'un tiers dans la plante totale. Elle s'est abaissée d'ailleurs dans toutes les parties de la plante; les inflorescences ayant conservé la plus grande richesse relative.

IV. — *Amarantus giganteus* (albuminoïdes).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,007 | 17,5 |
| Tige | 0,003 | 10,7 |
| Racines | 0,001 | 9,5 |
| Inflorescences | 0,003 | 18,5 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,014 | 14,7 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

Les albuminoïdes forment le septième de la plantule; ils sont au maximum dans les feuilles et les inflorescences.

III. — *Amarantus nanus* (albuminoïdes).

| | Végétation commençante. — 2. — 29 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,056 | 21,0 |
| Tige | 0,020 | 11,4 |
| Racines | 0,005 | 10,8 |
| Inflorescences | 0,004 | 21,4 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,085 | 16,7 |
| Poids de la plante | 0,518 | 100,0 |

Les albuminoïdes sont à leur maximum relatif, surtout dans les feuilles et les inflorescences ; comme dans l'*Am. caudatus*.

| | Débuts de la floraison. — 3. — 22 juin. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,36 | 19,2 |
| Tige | » | » |
| Racines | 0,04 | 4,7 |
| Inflorescences | 0,11 | 12,5 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | » | » |
| Poids de la plante | 4,75 | 100,0 |

| | Autre. — 4. — 30 juin. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 1,26 | 17,3 |
| Tige | 0,51 | 9,4 |
| Racines | 0,09 | 5,7 |
| Inflorescences | 0,13 | 14,9 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 1,99 | 13,0 |
| Poids de la plante | 1,53 | 100,0 |

Le poids absolu des albuminoïdes est devenu 20 fois aussi grand, tandis que celui de la plante est devenu près de 500 fois aussi considérable. A ce moment, les albuminoïdes sont surtout concentrés dans la feuille.

| | Fructification. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,9 | 6,7 |
| Tige | 0,75 | 4,4 |
| Racines | 0,15 | 3,8 |
| Inflorescences | 9,7 | 10,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 11,5 | 9,4 |
| Poids de la plante | 123,3 | 100,0 |

Le poids absolu des albuminoïdes a sextuplé. Leur proportion relative a diminué d'un tiers dans la plante totale. Elle s'est abaissée d'ailleurs dans toutes les parties de la plante ; les inflorescences ayant conservé la plus grande richesse relative.

IV. — *Amarantus giganteus* (albuminoïdes).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,007 | 17,5 |
| Tige | 0,003 | 10,7 |
| Racines | 0,001 | 9,5 |
| Inflorescences | 0,003 | 18,5 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,014 | 14,7 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

Les albuminoïdes forment le septième de la plantule ; ils sont au maximum dans les feuilles et les inflorescences.

| | Floraison — 4. — 22 juin. Poids absolu. | Floraison — 4. — 22 juin. Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,046 | 6,1 |
| Tige | 0,030 | 2,8 |
| Racines | 0,013 | 3,7 |
| Inflorescences | 0,116 | 11,9 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,950 | 6,4 |
| Poids de la plante | 5,10 | 100,0 |

Les albuminoïdes se sont accrus en poids absolu, quoique bien moins vite que la plante totale. Il en résulte que leur proportion relative a baissé, et cela dans toutes les parties. Elle est au maximum dans les inflorescences, là où se fait le travail de reproduction.

| | Inflorescences rejetées (8gr,66). — 5. — 16 juillet. Poids absolu. | Inflorescences rejetées (8gr,66). — 5. — 16 juillet. Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 7,2 | 21,4 |
| Tige | 3,2 | 9,1 |
| Racines | 0,5 | 8,3 |
| Radicelles | 0,2 | 8,2 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 11,1 | 14,4 |
| Poids de la plante | 77,8 | 100,0 |

L'état de cette plante répond à une période moins avancée que celui de l'échantillon précédent, période presque initiale. En effet, les albuminoïdes forment une dose considérable de la plante, et sont au maximum dans la feuille.

| | Floraison. — 6. — 17 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 5,6 | 12,8 |
| Tige | 4,2 | 2,8 |
| Racines | 0,4 | 2,9 |
| Radicelles | 0,5 | 2,9 |
| Inflorescences | 24,6 | 12,7 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 35,3 | 8,5 |
| Poids de la plante | 415,2 | 100,0 |

Les albuminoïdes ont crû en poids absolu. Mais leur dose relative n'est plus que le douzième du poids total, au lieu du septième. Ils sont surtout concentrés dans les feuilles et dans les inflorescences; la tige et la racine n'en ayant retenu qu'une très faible proportion relative.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 5,4 | 12,5 |
| Tige | 4,8 | 4,3 |
| Racines | 0,9 | 2,8 |
| Inflorescences | 12,8 | 9,7 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 23,9 | 7,5 |
| Poids de la plante | 318,3 | 100,0 |

Les résultats de cette analyse répondent à peu près à un même état de la végétation que la précédente, la plante étant épuisée et touchant à son terme.

V. — *Amarantus melancolicus* (albuminoïdes).

| | Végétation commençante. — 3. — 27 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,042 | 22,8 |
| Tige | 0,006 | 9,0 |
| Racines | 0,002 | 7,3 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,050 | 17,8 |
| Poids de la plante | 0,286 | 100,0 |

Plante à ses débuts, riche en albuminoïdes, surtout dans les feuilles.

| | Avant la floraison. — 4. — 16 juillet. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 1,11 | 20,3 |
| Tige | 0,20 | 9,8 |
| Racines | 0,15 | 9,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 1,46 | 17,1 |
| Poids de la plante | 8,51 | 100,0 |

La plante végète lentement et son état initial s'est à peine modifié; l'évolution qui fait croître rapidement les principes hydrocarbonés n'a pas encore eu lieu. Au point de vue des albuminoïdes, la tige et les racines offrent toujours une richesse voisine.

| | Avant la floraison. — 5. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 10,9 | 20,5 |
| Tige | 6,3 | 9,3 |
| Racines | 1,7 | 7,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 18,9 | 13,6 |
| Poids de la plante | 134,0 | 100,0 |

Au point de vue des albuminoïdes, l'état de la plante est celui qui précède l'évolution des fonctions de reproduction. Cependant son poids absolu est devenu 500 fois plus considérable depuis le 27 mai.

| | Floraison. — 5. — 11 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles ........................ | 4,13 | 15,5 |
| Tige.............................. | 1,61 | 8,3 |
| Racines ........................ | 0,39 | 7,8 |
| Inflorescences.................. | 0,96 | 15,9 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 1,04 | 11,3 |
| Poids de la plante ............... | 36,9 | 100,0 |

Cet échantillon était moins vigoureux que le précédent. Par suite de la floraison, la proportion relative des albuminoïdes a commencé à s'abaisser; quoique ces principes soient encore abondants dans les feuilles et dans les inflorescences.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles.......................... | 0,43 | 12,4 |
| Tige.............................. | 0,37 | 8,0 |
| Racines .......................... | 0,95 | 11,3 |
| Inflorescences.................... | 0,46 | 10,3 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 1,45 | 10,9 |
| Poids de la plante ............... | 13,4 | 100,0 |

Ce pied est chétif, mais toutes ses parties sont riches en albuminoïdes. La plante n'est pas encore arrivée à la constitution chimique qui caractérise la fin de la vie des végétaux analogues, ayant accompli un cycle régulier.

VI. — *Amarantus pyramidalis* (albuminoïdes).

| | Floraison ébauchée. — 3. — 16 juillet. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 6,8 | 22,6 |
| Tige | 3,6 | 9,1 |
| Racines | 0,45 | 7,0 |
| Radicelles | 0,3 | 9,6 |
| Inflorescences | 0,3 | 20,2 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 11,4 | 14,0 |
| Poids de la plante | 81,58 | 100,0 |

C'est l'état initial d'une plante riche en albuminoïdes, surtout dans la feuille et les inflorescences.

| | Floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,8 | 14,5 |
| Tige | 3,2 | 4,8 |
| Racines | 1,9 | 3,4 |
| Radicelles | 1,2 | 3,7 |
| Inflorescences | 6,1 | 11,9 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 79,4 | 7,4 |
| Poids de la plante | 1077,7 | 100,0 |

La plante a pris un développement énorme. Les albuminoïdes, dont le poids est devenu sept fois aussi grand qu'à l'origine, se sont portés surtout dans les feuilles et les inflorescences, comme à l'ordinaire. La tige est très robuste ; cependant elle est relativement pauvre en albuminoïdes, aussi bien que les racines. Les radicelles ne sont pas plus riches à cet égard que les racines ; ce qui mérite d'être noté.

VII. — ***Amarantus bicolor*** **(albuminoïdes).**

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,007 | 19,7 |
| Tige | 0,002 | 15,2 |
| Racines | 0,0004 | 9,8 |
| Inflorescences | » | » |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 0,009 | 17,8 |
| Poids de la plante | 0,053 | 100,0 |

C'est l'état initial d'une plante, riche en albuminoïdes.

| | Avant la floraison. — 4. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 8,9 | 19,3 |
| Tige | 5,8 | 7,5 |
| Racines | 1,5 | 7,9 |
| Inflorescences | » | » |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 16,2 | 11,3 |
| Poids de la plante | 140,7 | 100,0 |

Les albuminoïdes se sont concentrés dans les feuilles. tige et les racines sont relativement plus pauvres ; elles offr une même richesse centésimale de ces principes.

| | Débuts de la floraison. — 5. — 3 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,31 | 14,7 |
| Tige | 0,41 | 4,1 |
| Racines | 0,12 | 11,1 |
| Inflorescences | 0,31 | 14,3 |
| Albuminoïdes dans la plante totale. | 1,15 | 7,3 |
| Poids de la plante | 16,09 | 100,0 |

Les albuminoïdes se trouvent en proportion relative plus forte dans les feuilles et les inflorescences. La racine s'écarte exceptionnellement de la tige. Celle-ci est d'ailleurs très prépondérante dans la plante, dont elle constitue les deux tiers environ; mais elle est pauvre en albuminoïdes.

Observons qu'il s'agit d'une végétation tardive et mal développée.

VIII. — *Célosie panachée* (Albuminoïdes).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,008 | 18,1 |
| Tige | 0,004 | 12,2 |
| Racines | 0,002 | 11,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 0,012 | 14,6 |
| Poids de la plante | 0,087 | 100,0 |

Les principes albuminoïdes sont très abondants dans la plante totale, et ils abondent à la fois dans ses diverses parties, surtout dans les feuilles. A cet égard, c'est toujours le même état chimique initial que dans les autres végétaux étudiés.

Débuts de la floraison. — 4. — 30 juin.

| | Variété jaune. Poids absolu. | relatif. | Variété rouge (4 *bis*). Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,05 | 9,2 | 0,045 | 5,5 (?) |
| Tige | 0,05 | 6,7 | 0,065 | 8,1 |
| Racines | 0,02 | 6,4 | 0,020 | 5,7 |
| Inflorescences | 0,025 | 11,2 | 0,03 | 11,2 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 0,17 | 8,0 | 0,16 | 7,0 |
| Poids de la plante | 2,05 | 100,0 | 2,29 | 100,0 |

Les albuminoïdes ont baissé relativement partout. Ils abondent dans les inflorescences : ce qui est normal. Mais la feuille semble exceptionnellement pauvre (?) en albuminoïdes, surtout si on la compare aux autres espèces. La plante était d'ailleurs chétive à ce moment.

Floraison.

5. — 3 octobre.

| | Variété jaune. Poids | | Variété jaune (5 *bis*). Poids | |
|---|---|---|---|---|
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,21 | 13,9 | 0,12 | 12,5 |
| Tige | 0,29 | 6,0 | 0,12 | 3,7 |
| Racines | 0,06 | 5,8 | 0,04 | 5,5 |
| Inflorescences | 0,84 | 12,3 | 0,90 | 10,7 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 1,40 | 9,9 | 1,26 | 8,7 |
| Poids de la plante | 14,24 | 100,0 | 14,34 | 100,0 |

La distribution des albuminoïdes est normale, avec prépondérance dans les feuilles et les inflorescences. La tige et la racine sont au contraire relativement pauvres en albuminoïdes. A cet égard, la variété rouge est plus pauvre relativement, et même absolument, que la variété jaune.

6. — 19 octobre.

| | Jaune. Poids | | Rouge (*bis*). Poids | |
|---|---|---|---|---|
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,19 | 16,4 | 0,97 | 17,1 |
| Tige | 0,29 | 6,3 | 0,98 | 6,0 |
| Racines | 0,05 | 5,0 | 0,10 | 4,6 |
| Inflorescences | 0,38 | 8,2 | 1,27 | 15,1 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 0,90 | 7,9 | 3,3 | 10,3 |
| Poids de la plante | 11,335 | 100,0 | 32,77 | 100,0 |

Cet échantillon est plus riche en albuminoïdes que le précédent, surtout dans les feuilles. Dans la variété rouge les

inflorescences prédominent et elles sont bien plus riches en albuminoïdes que dans la variété jaune. Est-ce un accident?

Venons aux plantes des autres familles.

IX. — *Grande consoude* (Borraginées. — Albuminoïdes).

| | 27 mai. Poids relatif en centièmes. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 25,0 |
| Tige | 11,8 |
| Racines | 10,0 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 16,0 |
| Poids absolu de la plante | 17,16 |

Les albuminoïdes dominent dans la feuille; la tige et la racine sont à peu près de même richesse. Enfin la composition de la plante totale à cet égard répond aux débuts de son évolution.

X. — *Luzerne* (Légumineuses. — Albuminoïdes).

| | Poids relatif en centièmes. | |
|---|---|---|
| | 25 juin. | 3 octobre (regain). |
| | gr. | gr. |
| Feuilles | 21,8 | 23,3 |
| Tige | 4,2 | 9,5 |
| Racines | 4,6 | 6,3 |
| Albuminoïdes dans la plante totale | 10,7 | 11,0 |
| Poids absolu de la plante | 0,616 | 2,625 |

Mêmes observations générales.

En résumé, les principes albuminoïdes sont concentrés dans les feuilles des végétaux au début; dans les feuilles et les inflorescences, à la fin. Au moment de la floraison, ils tendent vers une répartition plus uniforme, à cause des transports de matière azotée produits pendant cette période

physiologique. Dans la plante où la fructification s'est mal faite (*A. melancolicus*, *A. bicolor*), la répartition finale des principes albuminoïdes offre de moindres divergences, parce qu'ils n'ont pas été utilisés au même degré par la fonction de reproduction.

Enfin leur proportion relative tombe à la fin vers la moitié à peu près de ce qu'elle était aux débuts, et même beaucoup plus bas dans les tiges et les racines.

### 4° Sels solubles représentés par le carbonate de potasse.

II. — *Amarantus caudatus* (sels solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles.. | 0,037 | 12,3 |
| Tige | 0,043 | 17,5 |
| Racines | 0,005 | 8,1 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,085 | 13,9 |
| Poids de la plante | 0,610 | 100,0 |

Les sels solubles se trouvent à ce moment au maximum dans la tige, siège de la circulation de la sève; leur proportion relative et absolue est voisine de la précédente dans les feuilles. Enfin leur proportion relative s'élève au septième du poids total de la plante.

| | Floraison commençante. — 4. — 30 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,692 | 10,6 |
| Tige | 1,060 | 16,4 |
| Racines | 0,278 | 10,8 |
| Inflorescences | 0,032 | 5,4 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 2,062 | 12,7 |
| Plante totale | 16,15 | 100,0 |

Les sels solubles sont toujours au maximum dans la tige; puis viennent les feuilles et les racines; les inflorescences sont au minimum.

| | Floraison. — 5. — 11 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,67 | 9,4 |
| Tiges | 2,60 | 5,2 |
| Racines | 0,50 | 2,7 |
| Inflorescences | 3,92 | 4,9 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 9,69 | 5,4 |
| Poids de la plante | 177,8 | 100,0 |

Les feuilles ont peu varié comme richesse relative en sels solubles, ainsi que les inflorescences. Mais les tiges et surtout les racines sont relativement pauvres en sels solubles. La proportion absolue de ceux-ci a crû bien moins vite que le poids de la plante, dont ils ne forment plus que la vingtième partie.

| | Fructification. — 6. — 19 octobre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,40 | 5,5 |
| Tige | 4,15 | 6,5 |
| Racines | 0,64 | 5,2 |
| Inflorescences | 9,07 | 5,4 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 16,26 | 5,6 |
| Poids de la plante | 287,9 | 100,0 |

Cette fois, les diverses parties offrent une richesse à peu près uniforme en sels solubles; richesse relative qui est d'ailleurs tombée au plus bas, par suite de la formation des principes hydrocarbonés.

III. — *Amarantus nanus* (sels solubles).

| | Végétation commençante. — 2. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,017 | 6,2 |
| Tige | 0,016 | 9,2 |
| Racines | 0,0035 | 7,4 |
| Inflorescences | 0,0015 | 8,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,038 | 7,4 |
| Poids de la plante | 0,518 | 100,0 |

A ce moment, la répartition offre de moindres divergences que dans l'*Amarantus caudatus*. Les sels solubles sont au maximum dans la tige. Leur proportion relative dans la plante totale n'est pas considérable.

| | Débuts de la floraison. — 3. — 22 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,15 | 8,1 |
| Tige | 0,11 | 8,7 |
| Racines | 0,03 | 4,7 |
| Inflorescences | 0,05 | 6,1 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,34 | 7,3 |
| Poids de la plante | 4,75 | 100,0 |

La répartition tend à devenir uniforme ; la racine renferme le minimum de sels solubles, comme dans les analyses ci-dessus.

| | Autre. 4. — 30 juin. — Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,93 | 13,0 |
| Tige | 0,90 | 16,0 |
| Racines | 0,13 | 8,2 |
| Inflorescences | 0,07 | 7,9 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 2,03 | 13,25 |
| Poids de la plante | 15,34 | 100,0 |

Le développement de cet échantillon a été fort différent du précédent, malgré le voisinage des dates. La plante est bien plus voisine de son état initial et plus riche en sels solubles, surtout dans la tige. Dans la plante totale, leur richesse est également presque double. Ceci montre l'étendue des variations individuelles.

| | Fructification. 5. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,5 | 10,3 |
| Tige | 1,0 | 6,4 |
| Racines | 0,1 | 2,9 |
| Inflorescences | 2,7 | 3,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 5,3 | 4,35 |
| Poids de la plante | 123,1 | 100,0 |

Cette fois, les sels solubles ont beaucoup diminué, comme proportion relative, dans la plante totale et dans ses diverses parties.

Ils sont au maximum dans les feuilles; peut-être parce que les derniers liquides tendent à s'y réunir, par suite de l'évaporation.

### IV. — *Amarantus giganteus* (sels solubles).

| | Végétation commençante. 3. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,0045 | 11,3 |
| Tige | 0,004 | 12,75 |
| Racines | 0,0005 | 7,3 |
| Inflorescences | 0,001 | 8,6 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,010 | 11,0 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

Les sels solubles sont abondants, surtout dans la tige dans les feuilles.

| | Floraison. — 4. — 12 juin. Poids absolu. gr. | relatif. |
|---|---|---|
| Feuilles | 0,063 | 8,1 |
| Tige | 0,071 | 6,5 |
| Racines | 0,010 | 2,7 |
| Inflorescences | 0,051 | 5,4 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,195 | 6,2 |
| Poids de la plante | 5,10 | 100,0 |

La proportion relative des sels solubles a diminue, par suite de la formation des principes hydrocarbonés. Ils sont au minimum dans la racine.

| | Inflorescences rejetées. — 5. — 16 juillet. Poids absolu. gr. | relatif. |
|---|---|---|
| Feuilles | 3,2 | 9,4 |
| Tige | 5,7 | 16,6 |
| Racines | 0,9 | 13,6 |
| Radicelles | 0,2 | 8,5 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 9,8 | 12,9 |
| Poids de la plante | 77,8 | 100,0 |

Cet échantillon répond à une végétation plus active et moins avancée dans ses périodes que la précédente. Les sels sont au maximum dans la tige et les racines. Enfin, circonstance remarquable, leur proportion est moindre dans les radicelles que dans les racines.

| | Floraison. — 6. — 17 septembre. Poids absolu. gr. | relatif. |
|---|---|---|
| Feuilles | 4,8 | 9,0 |
| Tige | 11,0 | 7,3 |
| Racines et radicelles | 1,2<br>0,3 | 8,6<br>1,8 |
| Inflorescences | 9,3 | 5,1 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 26,6 | 6,4 |
| Poids de la plante | 415,2 | 100,0 |

Les sels solubles n'ont pas varié relativement dans les feuilles; tandis que leur proportion relative a diminué de moitié dans la tige et dans les racines. Elle n'est pas très forte dans les inflorescences, dont le poids pourtant est à ce moment très notable.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 2,5 | 5,8 |
| Tige | 4,3 | 3,9 |
| Racines | 1,5 | 4,6 |
| Inflorescences | 7,6 | 5,8 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 15,9 | 5,9 |
| Poids de la plante | 318,5 | 100,0 |

Les sels solubles ont diminué partout comme proportion relative, par suite de la formation des principes hydrocarbonés et du ligneux. La tige et la racine sont fort appauvries en sels solubles. Les feuilles et les inflorescences sont au maximum à cet égard.

V. — *Amarantus melancolicus* (sels solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 27 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,021 | 11,0 |
| Tige | 0,005 | 7,4 |
| Racines | » | » |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | » | » |
| Poids de la plante | 0,286 | 100,0 |

Le maximum de sels solubles existe dans les feuilles; ce qui est remarquable à ce moment de la végétation.

| | Avant floraison. — 4. — 16 juillet. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,65 | 11,6 |
| Tige | 0,33 | 15,5 |
| Racines | 0,10 | 11,2 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 1,06 | 12,5 |
| Poids de la plante | 8,52 | 100,0 |

La tige a repris sa prépondérance relative, quoique les feuilles contiennent un plus grand poids absolu de sels solubles.

| | Avant floraison. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,6 | 6,8 |
| Tige | 9,9 | 14,4 |
| Racines | 1,8 | 6,9 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 14,3 | 10,6 |
| Poids de la plante | 134,0 | 100,0 |

La prépondérance de la tige en sels solubles est ici à la fois relative et absolue. La pauvreté des racines en sels solubles est conforme à toutes les autres observations.

| | Floraison. — 6. — 3 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 1,52 | 5,7 |
| Tige | 2,00 | 10,3 |
| Racines | 0,24 | 4,9 |
| Inflorescences | 0,38 | 6,4 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 4,14 | 7,4 |
| Poids de la plante | 56,9 | 100,0 |

La tige est toujours prépondérante, comme proportion de sels solubles; quoique sa richesse relative à cet égard ait baissé. Les fleurs et les inflorescences ont une richesse voisine, supérieure d'ailleurs à celle de la racine.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,10 | 3,0 |
| Tige | 0,42 | 9,1 |
| Racines | 0,03 | 3,4 |
| Inflorescences | 0,30 | 6,5 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,85 | 6,3 |
| Poids de la plante | 13,4 | 100,0 |

La tige renferme le maximum de sels de potasse, au point de vue relatif comme au point de vue absolu. Ceci répond d'ailleurs à un échantillon chétif.

VI. — *Amarantus pyramidalis* (sels solubles).

| | Floraison ébauchée. — 3. — 16 juillet. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 2,75 | 9,2 |
| Tige | 5,53 | 13,8 |
| Racines | 0,51 | 7,7 |
| Radicelles | 0,27 | 7,8 |
| Inflorescences | 0,06 | 3,9 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 9,1 | 11,2 |
| Poids de la plante | 81,58 | 100,0 |

La tige est au maximum relatif et absolu. Puis viennent les feuilles; ce sont les inflorescences qui renferment le moins de sels solubles. Les racines et les radicelles ont la même richesse relative.

| | Floraison. — 4. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 26,7 | 10,2 |
| Tige | 21,5 | 3,2 |
| Racines | 1,6 | 2,8 |
| Radicelles | 1,0 | 3,3 |
| Inflorescences | 2,4 | 4,8 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 5,54 | 5,1 |
| Poids de la plante | 1077,7 | 100,0 |

Ici les sels solubles se sont concentrés dans les feuilles au moment de la floraison, en abandonnant la tige et les racines; l'absorption aux dépens du sol semble, pour ainsi dire, ne plus se faire à ce moment.

VII. — *Amarantus bicolor* (sels solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,0023 | 6,4 |
| Tige | 0,0011 | 9,4 |
| Racines | 0,0004 | 10,2 |
| Inflorescences | » | » |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,004 | 7,3 |
| Poids de la plante | 0,053 | 100,0 |

Les sels solubles ne sont pas encore abondants; ce qui rappelle l'*Am. nanus* à ses débuts (p. 150). Ils sont au maximum dans la tige et dans la racine. La prépondérance dans la racine est exceptionnelle.

| | Avant la floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,9 | 8,8 |
| Tige | 6,1 | 7,9 |
| Racines | 1,4 | 7,6 |
| Inflorescences | » | » |
| Sels solubles dans la plante totale. | 11,4 | 8,1 |
| Poids de la plante | 140,7 | 100,0 |

Le maximum est ici dans les feuilles. La répartition des sels solubles tend d'ailleurs à devenir uniforme, de même que dans l'*Am. nanus*, n° 3 (p. 150). Leur proportion relative est faible.

| | Débuts de la floraison. — 5. — 3 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,14 | 6,6 |
| Tige | 0,74 | 6,8 |
| Racines | 0,02 | 2,35 |
| Inflorescences | 0,13 | 6,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 1,0 | 6,3 |
| Poids de la plante | 16,09 | 100,0 |

Ce pied est chétif et mal développé. La proportion des sels solubles a baissé encore et la racine est tombée au minimum ; sans doute parce que l'absorption aux dépens du sol est devenue nulle ou presque nulle.

VIII. — *Célosie panachée* (Sels solubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,0027 | 6,6 |
| Pétioles | 0,0026 | 8,8 |
| Racines | 0,0015 | 10,5 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 0,007 | 8,2 |
| Poids de la plante | 0,087 | 100 0 |

Les racines sont au maximum relatif; sans doute à cause de la diminution de l'absorption aux dépens du sol. Puis viennent les pétioles; les feuilles en dernier lieu.

Débuts de la floraison.

4. — 30 juin.

| | Jaune. Poids absolu. | Jaune. Poids relatif. | Rouge (4 bis). Poids absolu. | Rouge (4 bis). Poids relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | 0,07 | 9,7 | 0,07 | 8,8 |
| Pétioles | 0,08 | 10,7 | 0,07 | 8,4 |
| Racines | 0,02 | 7,1 | 0,025 | 6,2 |
| Inflorescences | 0,015 | 6,5 | 0,015 | 6,2 |
| Sels solubles dans la plante totale | 0,19 | 9,4 | 0,18 | 8,0 |
| Poids de la plante | 2,05 | 100,0 | 2,29 | 100,0 |

Le maximum des sels solubles est ici dans les pétioles et les feuilles, les racines étant tombées au-dessous. Ceci se manifeste dans les deux variétés.

Floraison.

5. — 3 octobre.

| | Jaune. Poids absolu. | Jaune. Poids relatif. | Rouge (5 bis). Poids absolu. | Rouge (5 bis). Poids relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | » | » | » | » |
| Pétioles | 0,24 | 5,2 | 0,17 | 4,5 |
| Racines | » | » | » | » |
| Inflorescences | 0,40 | 5,9 | 0,41 | 4,7 |
| Sels solubles dans la plante totale | » | » | » | » |
| Poids de la plante | 14,24 | 100,0 | 14,34 | 100,0 |

La répartition des sels solubles semble tendre à devenir uniforme.

La variété rouge semble un peu plus pauvre que la jaune.

| | 6. — 19 octobre. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Jaune. | | Rouge (6 *bis*). | |
| | Poids | | Poids | |
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles............... | » | » | 0,30 | 4,8 |
| Pétioles............... | 0,38 | 7,9 | 0,86 | 8,2 |
| Racines............... | » | » | 0,06 | 3,8 |
| Inflorescences......... | 0,23 | 4,8 | 0,37 | 4,6 |
| Sels solubles dans la plante totale......... | » | » | 1,6 | 4,9 |
| Poids de la plante..... | 11,335 | 100,0 | 32,77 | 100,0 |

Les deux variétés sont de même richesse. Les pétioles sont au maximum; la tige au minimum, de même que dans les espèces précédentes.

IX. — *Grande consoude* (Borraginées. — Sels solubles).

| | 27 mai. Poids relatif en centièmes. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles............................. | 9,0 |
| Tige................................. | 14,6 |
| Racines............................. | 3,7 |
| Sels solubles dans la plante totale..... | 8,7 |
| Poids absolu de la plante............. | 17,16 |

La tige est au maximum, la racine au minimum : ce qui montre que l'absorption par le sol fonctionne déjà très imparfaitement.

X. — *Luzerne* (Légumineuses. — Sels solubles).

| | 25 juin. — 3 oct. (regain). Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | gr. |
| Feuilles.......................... | 7,8 | 5,2 |
| Tige............................. | 4,0 | 3,7 |
| Racines.......................... | 4,0 | 1,8 |
| Sels solubles dans la plante totale. | 5,4 | 3,1 |
| Poids absolu de la plante......... | 0,616 | 2,625 |

Au moment du regain, la valeur des racines en sels solubles est minimum; comme pour les autres plantes étudiées à la même époque.

En résumé, la présence et la proportion des sels de potasse sont corrélatives des phénomènes d'oxydation; ces sels, au début, sont surtout concentrés dans la tige et les feuilles. Vers la fin, ils tendent à se répartir uniformément dans les *Amarantus caudatus*, *Amarantus giganteus* et dans la Célosie. Les racines ont offert en général la plus faible proportion relative, principalement à la fin de la végétation.

### 5° Matières minérales insolubles.

Rappelons que ces mots désignent les matières insolubles obtenues par incinération. Une partie est déjà insoluble dans la plante vivante.

II. — *Amarantus caudatus* (matières fixes insolubles).

| | Végétation commençante — 3. — 29 mai. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,030 | 9,9 |
| Tige | 0,016 | 6,4 |
| Racines | 0,016 | 15,4 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,056 | 9,1 |
| Poids de la plante | 0,610 | 100,0 |

A ce moment, les matières envisagées sont au maximum relatif dans la racine, qui est le siège de l'absorption aux dépens du sol; ainsi que les feuilles, qui sont le terminus de la circulation de la sève. La tige, région moyenne, en renferme

le minimum. Il ne saurait en être autrement : une partie de ces matières étant déjà insoluble dans la plante vivante, les vaisseaux et conduits de la tige ne tarderaient pas à s'obstruer en raison de leur accumulation.

| | Floraison commençante. — 4. — 30 juin. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,492 | 7,6 |
| Tige | 0,355 | 6,5 |
| Racines | 0,136 | 5,4 |
| Inflorescences | 0,025 | 4,3 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,008 | 6,3 |
| Poids de la plante | 16,15 | 100,0 |

L'accumulation dans les feuilles de matières fixes susceptibles de devenir insolubles devient prépondérante ; les racines sont bien moins riches : comme si le dépôt de matières insolubles, formé aux débuts dans la racine, y avait joué le rôle d'une réserve, devenue graduellement soluble.

| | Floraison. — 5. — 11 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,912 | 10,2 |
| Tige | 4,066 | 8,2 |
| Racines | 2,410 | 13,2 |
| Inflorescences | 3,665 | 4,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,3053 | 7,4 |
| Poids de la plante | 177,8 | 100,0 |

Le maximum relatif a reparu dans les racines et les feuilles. Les inflorescences, siège du mouvement nutritif le plus actif, sont toujours au minimum.

| | Fructification. — 6. — 19 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 9,09 | 20,8 |
| Tige | 4,57 | 7,2 |
| Racines | 0,97 | 7,9 |
| Inflorescences | 5,71 | 3,4 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 20,34 | 7,3 |
| Poids de la plante | 287,9 | 100,0 |

L'accumulation, dans les feuilles, de matières fixes susceptibles de devenir insolubles est ici manifeste et prépondérante.

III. — *Amarantus nanus* (matières fixes insolubles).

| | Végétation commençante. — 2. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,035 | 12,8 |
| Tige | 0,017 | 9,4 |
| Racines | 0,006 | 12,8 |
| Inflorescences | 0,002 | 9,4 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,060 | 11,5 |
| Poids de la plante | 0,518 | 100,0 |

Prépondérance au début, dans la racine et dans les feuilles, des matières fixes susceptibles de devenir insolubles.

| | Débuts de la floraison. — 3. — 22 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,18 | 10,3 |
| Tige | 0,10 | 7,3 |
| Racines | 0,14 | 18,1 |
| Inflorescences | 0,05 | 5,5 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,47 | 9,8 |
| Poids de la plante | 4,75 | 100,0 |

La réserve formée dans les racines est ici très marquée; la
e et les inflorescences, sièges d'un mouvement actif de
trition, étant au minimum.

| | Autre. — 4. — 30 juin. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,58 | 7,8 |
| Tige | 0,33 | 6,0 |
| Racines | 0,07 | 4,0 |
| Inflorescences | 0,03 | 3,5 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,01 | 6,6 |
| Poids de la plante | 15,34 | 100,0 |

La racine est au minimum; les feuilles sont toujours au maximum. Ceci répond à une période ultérieure, déjà accentuée pour d'autres espèces.

| | Fructification. — 5. — 7 septembre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,0 | 13,7 |
| Tige | 0,6 | 3,6 |
| Racines | 0,4 | 10,0 |
| Inflorescences | 4,8 | 5,4 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 7,8 | 6,25 |
| Poids de la plante | 123,1 | 100,0 |

Les matières fixes susceptibles de devenir insolubles sont au maximum dans les feuilles, au minimum dans la tige; leur accumulation dans la racine a recommencé.

IV. — *Amarantus giganteus* (matières fixes insolubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,005 | 12,8 |
| Tige | 0,0035 | 11,4 |
| Racines | 0,0015 | 16,2 |
| Inflorescences | 5,001 | 8,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,011 | 11,9 |
| Poids de la plante | 0,092 | 100,0 |

Les matières fixes sont au maximum dans la racine et dans les feuilles, comme dans les autres espèces, aux débuts de la végétation.

| | Floraison. — 4. — 22 juin. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,067 | 9,3 |
| Tige | 0,039 | 3,7 |
| Racines | 0,075 | 21,1 |
| Inflorescences | 0,058 | 6,2 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,239 | 7,8 |
| Poids de la plante | 5,10 | 100,0 |

La réserve, dans les racines, des matières fixes susceptibles de devenir insolubles s'accentue. La tige, où la circulation est très active, est au minimum.

| | Inflorescences à part. — 5. — 16 juillet. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,6 | 7,6 |
| Tige | 1,7 | 5,1 |
| Racines | 0,5 | 8,5 |
| Radicelles | 0,7 | 25,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 5,5 | 6,1 |
| Poids de la plante | 77,8 | 100,0 |

La répartition relative tend vers l'uniformité, sauf dans les dicelles, qui sont en contact direct avec le sol.

| | Floraison. — 6. — 17 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 7,5 | 14,4 |
| Tige | 7,1 | 4,7 |
| Racines | 1,7 | 12,0 |
| Radicelles | 1,5 | 10,5 |
| Inflorescences | 7,1 | 3,8 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 24,9 | 6,0 |
| Poids de la plante | 415,2 | 100,0 |

La prépondérance des feuilles est marquée ; puis viennent les racines et radicelles, dont les titres sont voisins entre eux.

| | Fin de la végétation. — 7. — 19 octobre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 7,5 | 17,3 |
| Tige | 8,6 | 7,7 |
| Racines | 2,8 | 8,4 |
| Inflorescences | 5,0 | 3,8 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 23,9 | 7,5 |
| Poids de la plante | 318,3 | 100,0 |

Ici la prépondérance des feuilles est très accentuée.

V. — *Amarantus melancolicus* (matières fixes insolubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 27 mai. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,024 | 14,1 |
| Tige | 0,006 | 8,9 |
| Racines | » | » |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | » | » |
| Poids de la plante | 0,286 | 100,0 |

Prépondérance des feuilles.

| | Avant la floraison. — 4. — 16 juillet. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 0,60 | 10,9 |
| Tige | 0,19 | 8,8 |
| Racines | 0,11 | 12,0 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,89 | 10,5 |
| Poids de la plante | 8,52 | 100,0 |

La prépondérance des racines et des feuilles est n feste.

| | Avant la floraison. — 5. — 7 septembre. Poids | |
|---|---|---|
| | absolu. | relatif. |
| | gr. | |
| Feuilles | 5,30 | 9,9 |
| Tige | 4,46 | 6,5 |
| Racines | 0,97 | 7,7 |
| Inflorescences | 0,0 | 0,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 10,73 | 8,0 |
| Poids de la plante | 134,0 | 100,0 |

Les feuilles sont au maximum ; mais la répartition tend à devenir uniforme.

| | Floraison. — 6. — 3 octobre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,70 | 13,2 |
| Tige | 2,39 | 12,4 |
| Racines | 0,86 | 17,3 |
| Inflorescences | 0,52 | 8,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 7,47 | 13,0 |
| Poids de la plante | 56,9 | 100,0 |

Les racines reprennent leur prépondérance, comme dans les autres espèces, à ce moment de la vie végétale.

| | Fin de la végétation. — 7. — 29 octobre. Poids absolu. | Poids relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,65 | 19,0 |
| Tige | 0,65 | 14,2 |
| Racines | 0,20 | 23 8 |
| Inflorescences | 0,48 | 10,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,98 | 14,8 |
| Poids de la plante | 13,4 | 100,0 |

Dans cette plante chétive et épuisée, les matières fixes susceptibles de devenir insolubles s'accumulent partout en proportion exceptionnelle.

VI. — *Amarantus pyramidalis* (Matières fixes insolubles).

| | Floraison ébauchée. — 3. — 16 juillet. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 2,85 | 9,6 |
| Tige | 2,33 | 5,9 |
| Racines | 0,57 | 8,7 |
| Radicelles | 0,20 | 5,9 |
| Inflorescences | 0,09 | 5,7 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 6,04 | 7,5 |
| Poids de la plante | 81,58 | 100,0 |

Les feuilles et les racines sont prépondérantes, au point vue des matières insolubles.

| | Floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 17,0 | 6,8 |
| Tige | 17,9 | 2,7 |
| Racines | 3,6 | 6,2 |
| Radicelles | 2,9 | 8,9 |
| Inflorescences | 2,5 | 4,7 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 43,0 | 4,1 |
| Poids de la plante | 1077,7 | 100,0 |

Prépondérance des feuilles, des racines et surtout radicelles.

VII. — *Amarantus bicolor* (Matieres fixes insolubles).

| | Végétation commençante. — 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,006 | 16,0 |
| Tige | 0,0016 | 14,0 |
| Racines | 0,0006 | 14,6 |
| Inflorescences | » | » |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 0,008 | 15,4 |
| Poids de la plante | 0,053 | 100,0 |

Répartition presque uniforme. Grande richesse en matières fixes, susceptibles de devenir insolubles.

| | Avant la floraison. — 4. — 7 septembre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 3,85 | 8,6 |
| Tige | 4,95 | 6,5 |
| Racines | 1,1 | 6,2 |
| Inflorescences | » | » |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 9,9 | 7,1 |
| Poids de la plante | 140,7 | 100,0 |

Répartition presque uniforme, avec prépondérance dans les feuilles. La richesse relative est moitié moindre qu'au début; mais la richesse absolue est centuplée.

| | Débuts de la floraison. — 5. — 8 octobre. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles | 0,22 | 10,5 |
| Tige | 0,91 | 8,5 |
| Racines | 0,20 | 19,0 |
| Inflorescences | 0,14 | 6,5 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,48 | 9,2 |
| Poids de la plante | 16,09 | 100,0 |

Les racines sont prépondérantes, au point de vue qui nous occupe. Cet échantillon est plus languissant que le précédent et répond à une plante épuisée.

VIII. — *Célosie panachée* (**Matières fixes insolubles**).

| | Végétation commençante. 3. — 29 mai. Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|
| | gr. | |
| Feuilles... | 0,045 | 11,8 |
| Tige... | 0,0054 | 17,1 (?) |
| Racines... | 0,020 | 13,2 |
| Inflorescences... | 0,0 | 0,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale... | 0,012 | 14,0 |
| Poids de la plante... | 0,087 | 100,0 |

La plantule est très riche en matières fixes susceptibles devenir insolubles, comme les espèces ci-dessus.

| | Débuts de la floraison. 4. — 30 juin. Jaune. Poids absolu. | relatif. | Rouge (4 *bis*). Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles... | 0,06 | 7,8 | 0,08 | 9,5 |
| Tige... | 0,03 | 3,8 | 0,02 | 3,0 |
| Racines... | 0,035 | 11,5 | 0,04 | 11,0 |
| Inflorescences... | 0,008 | 3,7 | 0,01 | 3,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale.. | 0,13 | 6,3 | 0,15 | 6,7 |
| Poids de la plante... | 2,05 | 100,0 | 2,29 | 100,0 |

Racines au maximum, tige et inflorescences au minimum

| | Floraison. 5. — 3 octobre. Jaune. Poids absolu. | relatif. | Rouge (5 *bis*). Poids absolu. | relatif. |
|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles... | » | » | » | » |
| Tige... | 0,43 | 8,8 | 0,32 | 8,8 |
| Racines... | » | » | » | » |
| Inflorescences... | 0,50 | 7,4 | 0,21 | 6,0 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale.. | » | » | » | » |
| Poids de la plante... | 14,24 | 100,0 | 14,34 | 100,0 |

Les deux variétés donnent des chiffres pareils.

| | 6. — 19 octobre. | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Jaune. Poids | | Rouge (6 *bis*). Poids | |
| | absolu. | relatif. | absolu. | relatif. |
| | gr. | | gr. | |
| Feuilles | » | » | 0,59 | 10,0 |
| Tige | 0,38 | 8,0 | 1,31 | 8,0 |
| Racines | » | » | 0,40 | 21,7 |
| Inflorescences | 0,34 | 7,6 | 0,46 | 5,6 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | » | » | 2,9 | 8,5 |
| Poids de la plante | 11,335 | 100,0 | 32,77 | 100,0 |

Le maximum relatif dans les racines est très accentué.

IX. — *Grande consoude* (Borraginées. — Matières fixes insolubles).

| | 27 mai. Poids relatifs (en centièmes). |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 8,9 |
| Tige | 2,3 |
| Racines | 0,5 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 1,8 |
| Poids absolu de la plante | 17,16 |

Ici l'accumulation dans la feuille des matières fixes susceptibles de devenir insolubles est manifeste. La tige est très appauvrie.

X. — *Luzerne* (Légumineuses. — Matières fixes insolubles).

| | 25 juin. Poids relatifs. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 4,1 |
| Tige | 4,0 |
| Racines | 4,3 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 5,4 |
| Poids absolu de la plante | 0,616 |

Répartition uniforme à ce moment.

| | 3 octobre (regain). Poids relatifs. |
|---|---|
| | gr. |
| Feuilles | 8,8 |
| Tige | 6,8 |
| Racines | 4,7 |
| Matières fixes insolubles dans la plante totale | 6,2 |
| Poids absolu de la plante | 2,625 |

Les feuilles sont prépondérantes, au point de vue des matières fixes insolubles ; la racine est minimum à ce moment.

En résumé, les matières minérales, susceptibles de devenir insolubles par l'incinération, ont une tendance marquée à s'accumuler dans les feuilles ; si ce n'est dans les plantes à végétation languissante, telles que l'*Amarantus melancolicus* et l'*Amarantus bicolor*, plantes où elles semblent s'arrêter dans les racines ; probablement par suite de l'action insuffisante des agents qui les rendent solubles et qui leur permettent ainsi de circuler dans le végétal jusqu'à la feuille. Plusieurs périodes successives dans la vie végétale sont marquées à cet égard, d'après les développements qui précèdent.

---

Les conclusions générales qui se dégagent de cette longue étude sur la marche de la végétation dans les plantes annuelles ont été signalées à plusieurs reprises dans le cours de ce chapitre, et répétées si souvent, à l'occasion de chaque espèce, qu'il paraît inutile de les reprendre encore une fois. Nous nous bornerons à renvoyer le lecteur aux pages suivantes :

Ligneux et hydrates de carbone insolubles : plante totale, p. 91, 105.

Répartition, p. 118.

Hydrates de carbone solubles et extrait : plante totale, p. 93, 119.

Répartition, p. 134.

Albuminoïdes : plante totale, p. 96, 134.

Répartition, p. 147.

Sels solubles : plante totale, p. 98, 148.

Répartition, p. 160.

Matières fixes insolubles : plante totale, p. 101, 160.

Répartition, p. 172.

Ces résultats peuvent servir de bases pour les recherches individuelles sur la formation des principes immédiats spéciaux dans la végétation.

## CHAPITRE II

## NOUVELLES RECHERCHES SUR LA MARCHE GÉNÉRALE DE LA VÉGÉTATION (1).

---

### PREMIÈRE PARTIE

### Objets et méthodes de calcul.

L'étude générale de la formation de la matière végétale, c'est-à-dire de la fixation graduelle des éléments, carbone, hydrogène, oxygène, azote et composés minéraux, a été de notre part l'objet d'une première série de recherches méthodiques, présentée dans le chapitre précédent (1885). Nous y avons exposé les problèmes, signalé les méthodes d'analyse, et dit comment on pouvait définir chimiquement la plante, aux diverses périodes de son évolution annuelle. On a examiné ainsi les différentes parties de la plante, racine, tige, feuilles, fleurs, fruits, en en déterminant les poids relatifs, tant à l'état naturel qu'à l'état sec. Puis on a séparé chacune de ces parties en principes hydrocarbonés solubles et insolubles, principes azotés et matières minérales, solubles et insolubles, et l'on a cherché à établir l'*équation générale de la plante* et celle de ses accroissements successifs, tant comme composition élémentaire que comme définition pondérale des groupes fondamentaux de ses principes constitutifs.

(1) En collaboration avec M. André (1893-1896).

C'est, croyons-nous, la première fois qu'on ait cherché à envisager la végétation, au point de vue chimique, dans son ensemble, à l'aide de mesures exactes, portant sur la totalité des poids relatifs des parties et des principes multiples de la plante. Une entreprise aussi vaste ne saurait être exécutée, ni du premier coup, ni par les efforts isolés de deux expérimentateurs ; aussi avons-nous dû nous limiter à un petit nombre de plantes, les unes choisies dans la famille des Amarantacées, les autres dans celle des Borraginées, en y joignant une Légumineuse, la luzerne.

Nous avons écarté de propos délibéré les plantes dont la végétation dure un certain nombre d'années, telles que les arbres, dont l'étude est plus compliquée.

Nous avons également écarté les plantes qui fabriquent en abondance des principes immédiats spéciaux, tels que les corps gras, les alcaloïdes, les résines, l'amidon, etc. Leur étude est assurément d'une très grande importance; mais elle soulève des problèmes particuliers, susceptibles d'obscurcir les questions générales que nous nous proposions d'examiner. En outre, nous avons dû rester dans un ordre de données très étendues, et par conséquent un peu vagues; données qu'il importerait maintenant de préciser, en s'attaquant à chacun des groupes de principes immédiats contenus dans les plantes. Ici d'ailleurs on rencontre une foule de travaux individuels, exécutés dans des vues scientifiques ou industrielles, et qui renferment de précieuses données. Mais ces dernières n'ont pas été recueillies à un point de vue plus général et en vertu d'une méthode commune, qui permette d'en coordonner systématiquement les résultats et de les étendre à l'ensemble de la végétation. La plupart de ces travaux seraient à reprendre à ce point de vue plus compréhensif, qui est, nous le répétons, celui de l'équation

générale de la plante, envisagée à chacun des instants et dans les périodes successives de son développement.

L'examen des principes insolubles, ligneux et autres, qui forment la masse principale des plantes et qui jouent un rôle essentiel dans leur physiologie, nous a paru surtout réclamer de nouvelles recherches. Ce sont ces recherches et cette étude d'ensemble que nous venons présenter aujourd'hui : elles permettent de pénétrer un peu plus avant dans l'étude des difficiles questions relatives à la végétation de la plante et à la formation de ses principes immédiats fondamentaux.

Nous avons opéré cette année sur des plantes de familles variées, à savoir des plantes annuelles, telles que :

1° Le lupin, *Lupinus albus*, plante annuelle dicotylédone, depuis la graine jusqu'à la fructification;

2° Le blé, *Triticum sativum*, variété de mars, monocotylédone;

3° La luzerne, *Medicago sativa*, plante vivace, dicotylédone, envisagée dans deux ordres d'échantillons, c'est-à-dire dans une plante ensemencée l'année même et dans une plante reproduite sur des racines plus anciennes.

Nous avons étudié l'ensemble et les diverses parties de ces plantes annuelles, aux différentes époques de l'année.

4° Enfin nous avons étendu nos recherches jusqu'à un arbre proprement dit, le *Robinia pseudo-acacia*; mais sans chercher cette fois à en établir une équation totale, qui aurait exigé l'analyse des produits annuels antérieurs, pendant un grand nombre d'années. Nous avons dû nous borner aux parties de cet arbre renouvelables annuellement, telles que feuilles, fleurs et fruits.

Dans cette recherche, nous ne nous sommes pas borné, comme il y a dix ans, à la séparation des groupes généraux

de principes immédiats; mais nous y avons joint l'analyse élémentaire, qui conduit à des notions nouvelles, particulièrement en ce qui touche les matières insolubles. Ces matières, en effet, ne renferment pas seulement des hydrates de carbone, mais aussi des principes appartenant à d'autres groupes, où le rapport entre l'hydrogène et l'oxygène n'est plus le même et qui se rattachent aux substances subéreuses, à la cutose et à d'autres principes, jusqu'ici d'ailleurs incomplètement définis. Les hydrates de carbone eux-mêmes, on le sait aujourd'hui, ne comprennent pas seulement des principes dérivés des glucoses renfermant 6 atomes de carbone, mais aussi des dérivés des pentoses, renfermant 5 atomes de carbone, et d'autres encore. Nous n'avons pas essayé de débrouiller de prime abord une constitution aussi complexe, qui fera l'objet de recherches ultérieures. Mais les analyses actuelles ouvrent à cet égard de nouveaux aperçus; elles permettent une discussion plus approfondie de la végétation, en suivant une marche méthodique dont les règles vont être exposées.

A ces fins, on analyse la plante prise aux époques fondamentales de son développement, savoir :

I. Graine.

II. Première période de la végétation.

III. Floraison.

IV. Fructification.

V. État final.

La graine est envisagée dans sa totalité. On en mesure le poids, à l'état humide et à l'état sec, puis on en détermine les éléments organiques: carbone, hydrogène, azote, oxygène.

On pèse les éléments minéraux (cendres) et l'on y dose spécialement l'acide phosphorique $P^2O^5$, la chaux CaO, et la potasse $K^2O$.

Ces divers composants sont à la fois évalués en centièmes et rapportés au poids d'une graine unique.

Au début de la végétation, on mesure le poids d'un lot de plusieurs pieds de la jeune plante, d'où l'on déduit le poids moyen d'un pied. Puis on en détermine les éléments, comme il vient d'être dit.

Dans les cas où la plante est suffisamment développée à cette première période, on la sépare en feuilles, tige et racines, dont les poids sont mesurés séparément, et dont on exécute l'analyse élémentaire, suivant les mêmes procédés.

A l'époque de la floraison, on opère de même ; à cela près que l'on distingue les racines, les tiges, les feuilles et les inflorescences. De même, aux débuts de la fructification, on sépare les racines, les tiges, les feuilles et les fruits.

Enfin, au terme de la végétation, on distingue en outre, et s'il y a lieu, les graines de leurs enveloppes.

Pour tirer parti de ces résultats et les comparer avec les analyses faites aux différentes périodes de la végétation et sur les différentes parties ou organes de la plante, et pour déduire de là l'équation générale de la végétation, nous avons exécuté les calculs suivants, à la fois sur chacune de ces parties ou organes et sur la plante totale.

(I). *Proportion pondérale des éléments trouvés*, réduits en centièmes (cendres déduites). De là résultent les poids suivants :

$$C_0, H_0, Az_0, O_0.$$

Ces nombres figurent en seconde ligne dans nos tableaux.

(II). On en déduit par le calcul les rapports

$$\frac{C_0}{12} = C'_0 ; \qquad \frac{Az_0}{14} = Az'_0 ; \qquad \frac{O_0}{16} = O'_0 ;$$

ce sont les *rapports atomiques*

$$C''_0, H_0, Az''_0, O'_0.$$

Par exemple, voici les valeurs observées pour la matière organique de la graine de lupin :

$$C^{4,17} H^{7,46} Az^{0,41} O^{2,27}.$$

(III). Dans le but de faciliter les comparaisons, nous les *rapporterons à 6 atomes de carbone*; d'après cette hypothèse que la majeure partie de la masse végétale insoluble serait constituée par les dérivés des glucoses $C^6H^{12}O^6$ (cellulose, amidon, etc.). Bien que cette hypothèse ne soit pas rigoureusement exacte, en raison de l'existence des pentoses, cependant elle conduit à certaines représentations intéressantes des phénomènes de la végétation.

A cet effet, on calcule les nouveaux rapports atomiques suivants :

$$\frac{H_0 \times 6}{C_0'} = H_0'', \qquad \frac{Az_0' \times 6}{C_0'} = Az_0, \qquad \frac{O_0 \times 6}{C_0'} = O_0''$$

et l'on en déduit la formule brute

$$C^6 H_0'' Az_0 O_0';$$

soit pour la graine de lupin, prise comme exemple,

$$C^6 H^{10,73} Az^{0,59} O^{3,26}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone.* — Ces chiffres une fois obtenus, il est facile de chercher si la composition de la matière est celle d'un mélange formé uniquement par un ou plusieurs hydrates de carbone (associés au carbone et à l'azote).

Le rapport atomique de l'hydrogène à l'oxygène étant celui de 2 à 1 dans ces hydrates, on cherche si l'hydrogène est en excès, ou en déficit, et quel est le rapport de cet écart : soit à l'hydrogène total, soit à l'hydrogène constitutif des

L'excès d'hydrogène répond en gros à l'ensemble des principes suivants : albuminoïdes et amides, corps gras, résines, et il donne une idée de leur proportion relative.

Le déficit est rare : il répondrait, au contaire, à des corps suroxygénés, tels que l'acide formique $CH^2O^2$, et surtout les acides végétaux polybasiques, l'acide oxálique $C^2H^2O^4$, l'acide glycolique $C^2H^4O^3$, l'acide malique $C^4H^6O^5$, l'acide tartrique $C^4H^6O^6$, l'acide citrique $C^6H^8O^7$, etc. Ainsi nous aurons d'ordinaire une valeur positive pour le nombre suivant :

$$H_0 - 2\,O'_0 = \text{excès H} = H'_0.$$

Si $H'_0$ était négatif, ce qui arrive par exception, on reconnaîtrait par là l'existence des acides et autres corps suroxydés.

Dans tous les cas, on calcule le rapport de cet excès $H'_0$ comparé avec H total, soit $\frac{H'_0}{H_0}$, et le rapport spécial

$$\frac{H_0}{2\,O'_0},$$

c'est-à-dire le rapport du même excès, comparé en particulier à l'hydrogène constitutif des hydrates de carbone.

Observons que cette évaluation n'implique pas que lesdits hydrates renferment nécessairement 6 atomes de carbone, ou des multiples. Les pentoses en $C^5$ y seront compris également.

Pour la graine de lupin, en particulier :

$$\text{Oxygène} : 2\,O'_0 : 2 \times 2{,}27 = 4{,}54,$$
$$H_0 - 2\,O_0 = 7{,}46 - 4{,}54 = 2{,}92 = H_0,$$

soit

$$\frac{H'_0}{H_0} = \frac{2{,}92}{7{,}46} = 0{,}39.$$

Il y a donc un excès notable d'hydrogène, sur celui des

ydrates de carbone, et cet excès forme les $\frac{2}{5}$ environ de l'hydrogène total.

Enfin, prenons le rapport de cet hydrogène excédant avec l'hydrogène des hydrates de carbone, envisagés isolément

$$\frac{H'_0}{2\,O'_0} = \frac{2,92}{4,54} = 0,64.$$

On voit que l'excès d'hydrogène défini plus haut répond aux $\frac{2}{3}$ de l'hydrogène des hydrates de carbone : ce qui traduit l'existence de certaines réserves de principes azotés, ou de principes gras.

Poussons plus loin l'analyse.

(V). *Comparaison avec les matières azotées.* — Nous admettrons que ces matières appartiennent toutes au groupe des amides, c'est-à-dire des composés organiques dérivés de l'ammoniaque par perte d'eau :

$$C^n H^m O^p + Az H \;\; - rH\;O.$$

Cette hypothèse est d'ailleurs généralement acceptée, comme conforme à l'ensemble des expériences analytiques et synthétiques sur les principes immédiats des végétaux.

Dès lors on peut faire les comparaisons suivantes :

Calcul de l'excès de l'hydrogène total sur l'hydrogène de l'ammoniaque génératrice

$$H_0 - 3\,Az'_0 = H''_0.$$

En d'autres termes, on envisage l'hydrogène contenu dans les principes oxygénés générateurs des amides.

Par exemple, soit la méthylamine

$$CH^5\,Az = CH^4\,O + Az\,H^3 - H^2\,O,$$

on aura

$$H_0 - 3\,Az'_0 = 5 - 3 = 2.$$

Soit encore l'asparagine ou malamine

$$C^4 H^8 Az^2 O^3 = C^4 H^6 O^5 + 2 Az H^3 - 2 H^2 O,$$
$$H_0 - 3 Az'_0 = 8 - 6 = 2.$$

Il n'existe aucun principe végétal connu pour lequel $H''_0$ soit négatif.

Pour bien comprendre le caractère d'une semblable évaluation, il convient de ne pas oublier qu'une portion de l'hydrogène de l'ammoniaque génératrice a été éliminée à l'état d'eau ; ce qui ne doit pas être perdu de vue dans les déductions subséquentes.

C'est ici le moment de faire observer que nous avons déjà évalué le maximum de l'hydrogène des hydrates de carbone, dans l'hypothèse où tout l'oxygène existerait sous cette forme.

On aurait dès lors, en défalquant à la fois l'hydrogène des hydrates de carbone supposés (d'après l'oxygène), et celui de l'ammoniaque génératrice (d'après l'azote), l'excès atomique de l'hydrogène, $H'''_0$, qui subsiste, les hydrates de carbone possibles et amides déduits.

Pour un corps tel que l'asparagine, $H'''_0$ serait négatif: soit

$$8 - (6 + 6) = -4.$$

C'est d'ailleurs, par définition, le même rapport que pour le générateur oxygéné, $C^4H^6O^5$ : soit $6 - 5 \times 2 = -4$.

Cela signifie que cet excès atomique demeurerait nécessairement le même, si l'on fixait sur le corps la proportion d'eau nécessaire pour reconstituer l'ammoniaque au moyen des amides : conséquence très importante, au point de vue de la discussion de la constitution de la matière végétale, et qui donne à nos comparaisons une valeur toute spéciale.

On déduit encore de ces nombres le rapport de l'hydrogène non ammoniacal à l'hydrogène total, $\frac{H''_0}{H_0}$,

soit $\frac{2}{8}$ dans le cas de l'asparagine;

et le rapport de l'hydrogène en excès sur la somme de l'hydrogène des hydrates de carbone possibles et de celui des amides, à l'hydrogène total

$$\frac{H_{'''}}{H_0}.$$

Mais, pour se rendre un compte exact de la signification de ce dernier nombre, il ne faut pas oublier que l'hydrogène total devrait être accru de l'hydrogène éliminé à l'état d'eau, $H^2O$, dans la transformation de l'ammoniaque en amides ; c'est-à-dire d'un nombre égal à 2 Az pour les amides simples, à 4 Az pour les nitriles, etc.

Voici ce que donnent ces diverses comparaisons pour la graine de lupin :

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}41\,; \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 7{,}46 - 1{,}23 = 6{,}23 = H'_0\,;$$
$$H_0 - H'_0 - 3\,Az_0 = 7{,}46 - 4{,}54 - 1{,}23 = 1{,}69 = H'''_0.$$

(VI). *Comparaison avec les albuminoïdes.* — On admet que les albuminoïdes et congénères forment la majeure partie des principes azotés des plantes ordinaires, c'est-à-dire qui ne contiennent pas en abondance certains principes azotés spéciaux, alcalis ou amides. Ceci posé, acceptons pour la composition moyenne de ces albuminoïdes la valeur suivante :

| | |
|---|---|
| C = | 52,5 |
| H = | 6,5 |
| Az = | 16,5 |
| O = | 24,5 |
| | 100,0 |

Prenons alors la dose d'azote, Az , comme caractéristique. Étant donnée cette dose dans une matière végétale, on en déduira les poids de carbone, d'hydrogène et oxygène correspondants aux albuminoïdes :

$$Az_0 \frac{52,5}{16,5} = C_1, \qquad Az_0 \frac{6,5}{16,5} = H_1, \qquad Az_0 \frac{24,5}{16,5} = O_1.$$

Le rapport pondéral $C_1 H_1 Az_0 O_1$ représentera le poids des albuminoïdes contenus dans 100 parties de la matière sèche (cendres déduites). Dès lors on aura, toujours en poids :

$$\left.\begin{array}{l} C_0 - C_1 = C_2 \text{ carbonate des composés non azotés} \\ H_0 - H_1 = H_2 \text{ hydrogène} \\ O_0 - O_1 = O_2 \end{array}\right\} C_2 H_2 O_2.$$

On en déduira enfin le rapport pondéral, $R = \frac{C_1 H_1 Az_0 O_1}{C_2 H_2 Az_2}$, des deux groupes des principes immédiats.

Il est facile de passer de là aux rapports atomiques, si on le juge convenable.

Pour la graine de lupin, on a, par exemple, en poids

$$C_1 = 18,48, \qquad H_1 = 2,28, \qquad Az_0 = 5,81, \qquad O_1 = 8,62;$$
total : 35,19 pour 100.

Ainsi, les principes azotés dans cette graine forment 35,19 pour 100 du poids total de la matière organique.

On a encore :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 50,30 — 18,48 = | 31,82 | = $C_2$ | carbone des composés non azotés. | |
| 7,46 — 2,28 = | 5,18 | = $H_2$ | hydrogène | » |
| 36,43 — 8,62 = | 27,81 | = $O_2$ | oxygène | » |
| Total...... | 64,81 | | | |

Le rapport pondéral des principes azotés et des principes non azotés

$$R = \frac{35,19}{64,81} = 0,54.$$

Le poids des principes azotés représente un peu plus de la moitié de celui des principes non azotés.

Enfin l'hydrogène qui reste, après élimination des albuminoïdes et des hydrates de carbone, s'élève à 1,79 pour 100.

(VII). *Composition des composés non azotés*, pris séparément. — Cette composition se calcule aisément :

$$\frac{C_2}{C_2H_2Az_2} = C'_2. \qquad \frac{H_2}{C_2H_2Az_2} = H'_2, \qquad \frac{O_2}{C_2H_2Az_2} = O'_2.$$

Ce sont là des proportions centésimales.

On en déduit

$$H'_2 - \frac{O'_2}{8} = H''_2,$$

excès pondéral de l'hydrogène total sur l'hydrogène des hydrates de carbone, dans ce groupe de composés.

Soit pour la graine de lupin :

$$C'_2 = 49{,}09,$$
$$H'_2 = 7{,}99,$$
$$O'_2 = 42{,}92, \qquad H''_2 = 3{,}63.$$

Il devient alors facile de calculer la formule atomique brute des composés non azotés :

$$\frac{C'_2}{12} = C'_3, \qquad H'_2 = H'_3, \qquad \frac{O'_2}{16} = O'_3 \text{ : soit } C_3H_3O_3.$$

La même formule atomique, rapportée à $C^6$ par le calcul donne :

$$\frac{H'_3 + 6}{C'_3} = H_4, \qquad \frac{O'_3 \times 6}{C'_3} = O'_4 ;$$

d'où résulte

$$C^6H_4O_4.$$

En appliquant ces données à la graine de lupin, les rapports atomiques bruts dans les composés non azotés seront

$$C^{4,09}H^{7,99}O^{2,67}.$$

Si on les ramenait à 6 atomes de carbone par le calcul, on aurait

$$C^6 H^{11,72} O^{3,91}.$$

Ces rapports mettent en évidence l'excès d'hydrogène, par rapport à l'oxygène qui répondrait à des hydrates de carbone, soit

$$11,72 - 7,82 = 3,9 \text{ en atomes.}$$

Il manque environ un tiers d'oxygène pour arriver à la composition normale d'un semblable hydrate : ce qui répond dès lors à l'existence de corps gras, ou résineux.

On voit par ces développements comment on peut distinguer l'influence relative des albuminoïdes, des hydrates de carbone, enfin celle des corps gras ou résineux, et des principes suroxygénés, dans la composition d'une matière végétale.

A cet égard, le rapport atomique du carbone à l'hydrogène, $\frac{H_3}{C_3}$, étant à peu près celui de 1 : 2 dans la graine de lupin, il en résulte qu'il s'agit principalement de corps gras. L'intervention des dérivés aromatiques, c'est-à-dire des principes dérivés des carbures $C^nH^{2n-6}$, se traduirait par un abaissement de la proportion d'hydrogène.

Dans ce dernier cas, s'il était permis d'admettre que la plante renfermât uniquement les deux classes de composés oxygénés suivants : corps gras, où le rapport du carbone à l'hydrogène est celui de $n : 2n$, et dérivés aromatiques, où ce rapport est $n : 2n - 6$, on pourrait calculer la répartition du carbone total entre ces deux ordres de principes d'après le rapport atomique des deux éléments. Malheureusement ce calcul est susceptible d'être mis en défaut, tant par la présence des principes résineux, dont la composition

est intermédiaire, que par celle des dérivés suroxydés, formés avec perte d'hydrogène.

Cependant, il est certain que, si le rapport $\frac{H_3}{C_3}$ est inférieur à 2, il accuse soit l'existence de principes aromatiques, soit l'existence de principes suroxydés, dérivés de la série grasse, et spécialement celle des acides polyvalents. Ajoutons que cette alternative même est susceptible d'être décidée, dans la plupart des cas, d'après la valeur du rapport entre l'hydrogène et l'oxygène.

Observons que, dans tout ceci, nous ne saurions prétendre discuter l'existence ou la proportion de chaque principe immédiat isolé, mais seulement la somme de l'ensemble des principes azotés, ou oxygénés.

Entrons maintenant dans l'exposition des faits. Nous développerons cet exposé en parlant du lupin; cela fait, nous condenserons davantage les résultats, sous forme de tableaux, dans l'étude consacrée aux autres plantes.

---

## DEUXIÈME PARTIE

### Végétation du lupin.

On a analysé :

1° Les graines. — Elles ont été semées le 10 avril 1893.

2° La jeune plante, trois semaines après semis, c'est-à-dire le 3 mai.

3° La plante développée et ses diverses parties, le 25 mai.

4° La plante et ses diverses parties, au début de la floraison, le 14 juin.

5° La plante et ses diverses parties, au début de la fructification, le 1er juillet.

6° La plante dans son état final, séchée sur pied, le 24 août.

Donnons les tableaux des résultats obtenus, en les discutant au fur et à mesure.

### 1° Graine du lupin, 1892.

Les graines, récoltées dans l'automne de 1892, ont été analysées en avril 1893.

| Une graine | | Cendres. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|
| humide. | sèche. | Poids absolu. | Pour 100 de la matière sèche. | Poids absolu | En cent. |
| 0gr,4397 | 0gr,4155 | 0gr,0138 | 3,45 | 0gr,4017 | 96,55 |

(I). *Proportion pondérale des éléments.* — Composition élémentaire :

| | Carbone. | | Hydrogène. | |
|---|---|---|---|---|
| Poids pour une graine.... | 0gr,2017 | » | 0gr,0299 | » |
| En centièmes (graine sèche, cendres déduites)........ | » | 50,30 | » | 7,46 |
| | **Azote.** | | **Oxygène organique.** | |
| Poids pour une graine..... | 0gr,0235 | » | 0gr,1459 | » |
| En centièmes (graine sèche, cendres déduites)........ | » | 5,81 | » | 36,43 |

Les cendres renferment, entre autres composés :

| | Acide phosphorique, $P^2O^5$. | | Chaux, CaO. | | Potasse, $K^2O$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids pour une graine sèche. | 0gr,034 | » | 0gr,0015 | » | 0gr,0040 | » |
| En centièmes.. | » | 0,83 | » | 0,36 | » | 0,98 |

(II). *Rapports atomiques.* — Les poids trouvés en centièmes étant $C_0H_0Az_0O$, on calcule $C'_0H_0Az'_0O'_0$, soit :

$$C^{4,17}\,H^{7,46}\,Az^{0,41}\,O^{2,27}.$$

(III). *Les mêmes réduits à 6 atomes de carbone*, soit :

$$C^6 H^{10,73} Az^{0,39} O^{3,26}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone* (voir p. 179).

Excès atomique d'hydrogène (par rapport à $H^2O$) :

1° $$H - 2 O'_0 = 7,46 - 2,27 \times 2 = 2,92 = H'_0,$$

soit les $\frac{2}{5}$ de l'hydrogène total.

2° $$\frac{2,92}{4,54} = 0,64, \qquad \text{soit} \qquad \frac{H'_0}{2 O_0}.$$

C'est le rapport entre l'excès d'hydrogène et l'hydrogène des hydrates de carbone ; sa valeur traduit l'existence et l'ordre de grandeur des réserves de matières azotées, ou grasses.

(V). *Comparaison avec les principes azotés.* — 1° Excès de l'hydrogène total sur l'hydrogène ammoniacal ($AzH^3$), soit $H''_0$ :

$$H - 3 Az'_0 = 7,46 - 0,41 \times 3 = 6,23;$$

2° Excès de l'hydrogène total sur la somme de l'hydrogène des hydrates de carbone et de l'hydrogène ammoniacal réunis, soit $H'''_0$ :

$$7,46 - 2,27 \times 2 - 0,41 \times 3 = 1,69.$$

(VI). *Comparaison avec les albuminoïdes* (voir p. 183).

1° Composés azotés $\begin{cases} C_3 = 18,48 \\ H_2 = 2,28 \\ Az_0 = 5,81 \\ O_1 = 8,62 \end{cases}$ Composés non azotés $\begin{cases} C_2 = 31,80 \\ H_2 = 5,18 \\ O_2 = 27,81 \end{cases}$

Total : principes azotés........... 35,19
« principes non azotés...... 64,81

2° Rapport pondéral entre les deux ordres de principes : 0,54. Le poids des composés azotés représente un peu plus de moitié du poids des autres principes.

On rappellera que l'hydrogène excédant sur celui de ces deux ordres de principes : $H'''_0 = 1,69$.

(VII). *Composition des principes non azotés, séparément.*

1° En centièmes :

$$C_2 = 49,09$$
$$H'_2 = 7,99$$
$$O'_2 = 42,92$$

2° L'excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone dans ces composés

$$H''_2 = 2,65$$

3° *Formule atomique brute des composés non azotés* $C_3H_3O_3$ :

$$C^{4,09}\,H^{7,99}\,O^{2,67};$$

4° La même, rapportée à 6 atomes de carbone :

$$C^{6}\,H^{11,72}\,O^{3,91};$$

5° Excès de l'hydrogène total sur l'hydrogène des hydrates de carbone :

$$7,99 - 2,67 \times 2 = 2,65.$$

Il manque un tiers d'oxygène; ce qui répond à l'existence des principes gras ou résineux.

Or le rapport atomique $\frac{C_3}{H_3}$ étant sensiblement celui de 1 : 2, ces principes doivent appartenir surtout à la série grasse; la série aromatique donnant lieu à un abaissement d'hydrogène et les principes très oxygénés produisant le même résultat.

L'état initial, c'est-à-dire la composition de la graine, se trouve ainsi défini.

Examinons la marche de son développement.

### 2° Lupin, semé le 10 avril 1893.

Échantillon pris le 3 mai : hauteur, 8 à 10 centimètres.

| | 1 pied humide. | 1 pied sec. | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu.. | 4gr,1350 | 0gr,4516 | 0gr,0545 | » | 0gr,3970 | » |
| En centièmes. | » | » | » | 12,07 | » | 87,93 |

Le poids de la graine s'est accru seulement d'un douzième. Mais l'accroissement réel est plus fort, une portion des téguments étant demeurée en terre.

Les échantillons étaient trop peu développés pour qu'on pût essayer d'en séparer les différentes parties de la plante. On les a analysés en bloc.

*Composition élémentaire d'un pied sec :*

| | Carbone. | | Hydrogène. | |
|---|---|---|---|---|
| Poids absolu............ | 0gr,1936 | » | 0gr,0265 | » |
| En centièmes (cendres déduites)............ | » | 48,76 | » | 6,67 |

| | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|
| Poids absolu............ | 0gr,0207 | » | 0gr,1562 | » |
| En centièmes (cendres déduites.... ......... | » | 5,22 | » | 39,35 |

Les cendres renferment, dans un pied sec :

| | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu... | 0gr,0026 | » | 0gr,0055 | » | 0gr,0102 | » |
| En centièmes.. | » | 0,59 | » | 1,22 | » | 2,27 |

D'après ces chiffres, il y aurait eu perte sur l'acide phosphorique, sans doute à cause des téguments restés en terre; tandis qu'il y a gain sur la chaux et la potasse.

Attachons-nous à la matière organique, en rappelant qu'elle a augmenté d'un douzième environ ; ce qui ne change guère les indications tirées de la composition centésimale.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48{,}76; \quad H = 6{,}67; \quad Az = 5{,}22; \quad O = 36{,}35.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,06}\,H^{6,69}\,Az^{0,37}\,O^{2,45}.$$

(III). *Rapports pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{9,88}\,Az^{0,54}\,O^{3,62}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 : 2 \times 2{,}45 = 4{,}90; \quad H - 2\,O_0 : 6{,}69 - 4{,}90 = 1{,}79 = H'_0.$

(excès total sur l'hydrogène des hydrates) ;

2° $$\frac{H'_0}{H_0} = \frac{1{,}79}{6{,}69} = 0{,}26; \quad \frac{1{,}79}{4{,}90} = 0{,}36.$$

rapport de cet excès à l'hydrogène constitutif des hydrates de carbone. Il répond au tiers environ de ce dernier ; c'est-à-dire que l'hydrogène a diminué de moitié depuis la graine, en raison de la combustion partielle des corps gras.

(V). *Comparaison avec les principes azotés* (*amides*) :

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}37 = 1{,}11;$$
$$H_0 - 3\,Az'_0 = 6{,}69 - 1{,}11 = 5{,}58 = H'_0$$

(H excédant sur celui des amides) :

2° $$6{,}69 - 4{,}90 - 1{,}11 = 0{,}68 = H''_0$$

H restant après enlèvement des hydrates et des amides. Il a diminué depuis la graine, pour les mêmes raisons.

(VI). *Comparaison avec les albuminoïdes.* — Composition de ces principes, calculée d'après l'azote :

1° $C = 16{,}60; \quad H = 2{,}05; \quad Az = 5{,}22. \quad O = 7{,}75.$

Total : 31,62 pour 100.

$$48,79 - 16,60 = 32,19 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$6,69 - 2,05 = 4,64 = H_2$$
$$39,30 - 7,75 = 31,55 = O_2$$
$$\overline{68,38}$$

2° $$R = \frac{31,62}{68,38} = 0,46\,;$$

rapport peu différent de celui de la graine, un peu plus faible cependant.

Le poids absolu de l'azote de la graine, soit 0,0235, aurait un peu diminué dans le pied, étant tombé à 0,0207. Mais la variation est faible et attribuable à la perte d'une partie des téguments, restés en terre.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,07$$
$$H'_2 = 6,79$$
$$O'_2 = 46,14$$
$$\overline{100,00}$$

100 parties de la plante ont perdu du carbone et de l'hydrogène, celui-ci en plus forte proportion relative. La plante a, dès lors, gagné de l'oxygène. Observons que les pertes précédentes sont purement relatives, le poids absolu s'étant accru d'un onzième.

2° Il y a encore un excès d'hydrogène, mais moindre par rapport à l'oxygène, que dans la graine. Par contre, les matières non azotées s'éloignent un peu plus du rapport 1 : 2 du carbone à l'hydrogène; ce qui est corrélatif de la prépondérance des hydrates de carbone.

3° Rapports atomiques des composés non azotés :

$$C^{3,92} H^{6,79} O^{2,88}.$$

4° Mêmes rapports réduits à 6 atomes de carbone :

$$C^{6} H^{10,39} O^{4,40}.$$

5° Excès de H total sur celui des hydrates de carbone :

$$6,79 - 2,88 \times 2 = 1,03.$$

Il manque seulement un sixième de l'oxygène, les matières grasses ayant été en partie brûlées. En outre, le rapport atomique

$$\frac{H_2}{C_2} = 1,73$$

est tombé sensiblement au-dessous de 2 : 1, l'hydrogène étant en excès sur les hydrates de carbone ; ce qui accuse à la fois l'élimination des corps gras et l'apparition, ou plutôt l'accroissement, soit des principes de la série aromatique, soit des composés suroxygénés.

La végétation s'est beaucoup développée; mais nous ne sommes pas encore *arrivés à la* période de floraison. On a partagé cette fois la plante en trois portions : racines, tiges et feuilles.

| | | 1 pied | | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | humide. | sec. | | | | | |
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu ...... | 1,310 | 0,2143 | » | 0,0348 | » | 0,1794 | » |
| | En centièmes ...... | » | » | 11,4 | » | 16,27 | » | 83,73 |
| Tiges ... | Poids absolu ....... | 6,924 | 0,8094 | » | 0,0800 | » | 0,7393 | » |
| | En centièmes ...... | » | » | 43,2 | » | 9,89 | » | 90,11 |
| Feuilles. | Poids absolu ... ... | 5,540 | 0,8509 | » | 0,0856 | » | 0,7652 | » |
| | En centièmes ...... | » | » | 45,4 | » | 10,00 | » | 89,94 |
| Total ........................ | | 13,774 | 1,8746 | 100,0 | 0,2004 | 10,69 | 1,6839 | 89,32 |

Le poids total de la plante sèche est devenu plus que quadruple de celui de la graine. Il en est de même de la matière minérale; le rapport de celle-ci au poids de la matière organique étant plus élevé dans les racines que dans la tige et les feuilles, où il est à peu près le même d'ailleurs.

Les tiges et les feuilles ont des poids presque égaux; les cendres sont en proportion relative presque égale dans les feuilles et dans la tige; cette proportion l'emportant de plus de moitié dans la racine.

*Composition élémentaire de la matière organique.*

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu .... | 0,0841 | » | 0,0112 | » | 0,0060 | » | 0,0777 | » |
| | En centièmes..... | » | 47,17 | » | 6,29 | » | 3,38 | » | 43,28 |
| Tiges ... | Poids absolu..... | 0,3446 | » | 0,0432 | » | 0,0149 | » | 0,3267 | » |
| | En centièmes.. .. | » | 47,26 | » | 5,93 | » | 2,05 | » | 44,79 |
| Feuilles. | Poids absolu..... | 0,3917 | » | 0,0513 | » | 0,0418 | » | 0,2805 | » |
| | En centièmes..... | » | 51,20 | » | 6,79 | » | 5,47 | » | 36,65 |
| Total ... | Poids absolu..... | 0,8209 | » | 0,1057 | » | 0,0627 | » | 0,6849 | » |
| | En centièmes..... | » | 43,79 | » | 5,63 | » | 3,34 | » | 36,53 |
| | Cendres déduites. | » | 49,03 | » | 6,32 | » | 3,75 | » | 40,90 |

D'après ces chiffres, la composition élémentaire de la matière organique totale est à peu près la même que dans la période précédente pour le carbone : tandis que l'hydrogène est sensiblement plus faible, l'azote a diminué comme proportion relative, tandis que l'oxygène s'est accru.

Mais la distribution de ces éléments est loin d'être uniforme dans la plante : les feuilles étant la partie la plus riche en carbone, en hydrogène et surtout en azote, élément qui joue un rôle essentiel dans la constitution des principes essentiels au développement de la plante. Les feuilles sont, au contraire, plus pauvres en oxygène.

L'azote de la racine l'emporte également sur celui de la tige, tout en restant fort inférieur à celui des feuilles.

Les cendres renferment dans un pied sec :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu.. | 0,0023 | » | 0,0021 | » | 0,0010 | » |
| | En centièmes. | » | 1,07 | » | 1,00 | » | 2,36 |
| Tiges... | Poids absolu.. | 0,0058 | » | 0,0086 | » | 0,0312 | » |
| | En centièmes. | » | 0,72 | » | 1,07 | » | 3,86 |
| Feuilles. | Poids absolu.. | 0,0063 | » | 0,0189 | » | 0,0251 | » |
| | En centièmes. | » | 0,74 | » | 2,23 | » | 2,96 |
| Total... | Poids absolu.. | 0,0144 | » | 0,0296 | » | 0,0613 | » |
| | En centièmes. | » | 0,76 | » | 1,58 | » | 3,27 |

On remarque l'accroissement de ces trois composants minéraux, nécessairement empruntés au sol. En outre. leur somme est minimum dans la racine, comme poids absolu, mais maximum comme proportion relative. Les alcalis sont minimum dans la racine, comme poids absolu et proportion relative ; la chaux étant maximum dans les feuilles, tandis que la potasse a son maximum relatif et absolu dans la tige. Aucune relation simple entre ces composants et l'azote.

Examinons de près la composition de la matière organique totale.

1). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49{,}03, \qquad H = 6{,}3\text{?}, \qquad Az = 3{,}75, \qquad O = 40{,}90.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,09} H^{6,32} Az^{0,27} O^{2,56}.$$

(III). *Rapports pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,27} Az^{0,40} O^{3,76}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2 O'_0 = 2 \times 2,56 = 5,12 ; \quad H - 2 O'_0 : 6,32 - 5,12 = 1,20 = H_0.$

2° $\frac{H_0}{H} = \frac{1,20}{6,32} = 0,19, \quad \frac{1,20}{5,12} = 0,234.$

L'excès de l'hydrogène total sur l'hydrogène constitutif des hydrates de carbone a continué à décroître ; il est tombé du tiers (0,36) au quart (0,234) pendant la période actuelle, les matières grasses se brûlant de plus en plus.

(V). *Comparaison avec les principes azotés :*

1° $3 Az'_0 = 3 \times 0,27 = 0,81,$

$$H_0 - 3 Az'_0 = 6,32 - 0,81 = 5,51 = H''_0 ;$$

c'est l'hydrogène excédant sur celui des amides.

2° $6,32 - 5,12 - 0,81 = 0,39 = H'''_0,$

H restant après l'enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Il a diminué encore pendant la période actuelle, pour les mêmes motifs que ci-dessus.

(VI). *Comparaison avec les albuminoïdes :*

(La composition de ces principes étant calculée d'après l'azote).

1° $C_1 = 11,93, \quad H_1 = 1,48, \quad Az = 3,75 : O_1 = 5,57,$

Total : 22,73.

$49,03 - 11,93 = 37,10\ C_2$ carbone des corps non azotés,
$6,32 - 1,48 = 4,84\ H_2$ »
$40,90 - 5,57 = 35,33\ O_2$ »

Total. $100,0 - 22,73 = 77,27.$

2° $R = \frac{22,73}{77,27} = 0,294.$

Ce rapport a beaucoup diminué (depuis 0,46), dans la période présente.

Le poids absolu de l'azote, soit 0,0627, a triplé dans un pied unique, pendant cette période et même depuis la graine (0,0235); tandis qu'il avait peu varié au début. Ce résultat est corrélatif de la formation de plus en plus active des principes immédiats de tout ordre dans la plante.

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$$\begin{aligned} C_2 &= 48,01 \\ H'_2 &= \phantom{0}6,27 \\ O'_2 &= 45,72 \\ \hline & 100,00 \end{aligned}$$

Ces rapports diffèrent peu de ceux de la période précédente, malgré le grand accroissement de poids de la plante.

2° On observe encore un excès d'hydrogène sur le rapport relatif aux hydrates de carbone, lesquels exigeraient 5,7 au lieu de 6,3. Mais cet excès diminue de plus en plus ; c'est-à-dire que les hydrates de carbone se forment en quantité croissante.

3° Rapports atomiques C : H

$$C^{4,00}H^{6,27}O^{2,86}.$$

4° Rapports calculés pour 6 atomes de carbone

$$C^{6}H^{9,4}O^{4,3}.$$

5° Excès de H total sur l'hydrogène des hydrates de carbone

$$6,27 - 2,86 \times 2 = 0,55,$$

Il manque seulement un dixième de l'oxygène nécessaire pour annuler cet excès : ce qui signifie que la combustion des matières grasses est devenue plus complète.

6° En outre, le rapport

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,57$$

tombe de plus en plus au-dessous de 2 : 1, l'hydrogène étant d'ailleurs en excès sur les hydrates. Il en résulte que la somme des principes de la série aromatique et des principes suroxygénés tend à augmenter.

Tels sont les résultats observés sur l'ensemble de la plante.

Mais il convient de les analyser davantage, en étudiant les différentes parties, d'après les tableaux de la page 196.

Nous donnerons d'abord les faits et les calculs, puis nous en résumerons la signification.

### A. — Lupin, 25 mai. (Racines.)

Prenons les racines en premier lieu.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,17, \qquad H = 6,29, \qquad Az = 3,38, \qquad O = 43,16.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,93}H^{6,29}Az^{0,24}O^{2,69}.$$

(III). *Rapports pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}H^{9,60}Az^{0,36}O^{4,10}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O_0 : 2 \times 2,69 = 5,38, \qquad H - 2\,O_0 : 6,29 - 5,38 = 0,9 = H_0,$$

excès total sur l'hydrogène des hydrates.

Cet excès a diminué de moitié pendant la présente période, par rapport à la proportion totale.

On a d'ailleurs pour son rapport à l'hydrogène total :

$$\frac{H_0}{H_0} = \frac{0,91}{6,29} = 0,14,$$

et à l'hydrogène constitutif des hydrates de carbone

$$\frac{0,91}{5,38} = 0,17.$$

Ces rapports ont diminué également de moitié, pendant la présente période.

(V). *Comparaison avec les principes azotés (amides) :*

$$3\,Az_0 = 3 \times 0,24 = 0,72,$$
$$H_0 - 3\,Az_0' = 6,28 - 0,72 = 5,57 = H_0'',$$

excédant sur l'hydrogène des amides. Il est demeuré stationnaire. Enfin

$$6,29 - 5,38 - 0,72 = 0,19 = H_0'''$$

c'est l'hydrogène restant après enlèvement des hydrates et des amides. Celui-ci est tombé au quart ; c'est-à-dire que les matières grasses ou résineuses tendent à disparaître dans cette région de la plante.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 10,75, \qquad H = 1,33, \qquad Az = 3,38, \qquad O = 5,01,$$

Total : 20,47 pour 100.

Cette proportion est plus faible que dans la plante totale de la période précédente.

$$47,17 - 10,75 = 36,42 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés,}$$
$$6,29 - 1,33 = 4,96 = H_2 \qquad \text{»}$$
$$43,16 - 5,01 = 38,15 = O_2 \qquad \text{»}$$
$$\overline{79,53}$$

Rapport entre les principes non azotés et les albuminoïdes :

$$R = \frac{20,47}{79,53} = 0,26.$$

Ce rapport n'est guère que la moitié de celui qui existait précédemment dans la plante totale.

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$$
\begin{aligned}
C_3 &= 45{,}79\\
H'^2 &= 6{,}36\\
O_{\frac{3}{2}} &= 47{,}85\\
\hline
 & 100{,}00
\end{aligned}
$$

2° Le carbone a légèrement baissé, par rapport à la plante totale de la période précédente.

L'hydrogène excède légèrement celui des hydrates de carbone.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,81}\,H^{6,36}\,O^{2,99}.$$

Même observation.

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{10,01}\,O^{4,70}.$$

Même remarque.

5° Excès de H total sur celui des hydrates de carbone :

$$6{,}35 - 2{,}99 \times 2 = 0{,}37 = H_2^{''}.$$

6° Le rapport

$$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}7 < 2{,}0.$$

Il y a donc un excès de principes aromatiques ou de principes suroxygénés ; quoique cet excès soit moindre que dans la plante totale.

### B. — Lupin, 25 mai. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 47{,}26$, $H = 5{,}93$, $Az = 2{,}05$, $O = 44{,}76$.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,93}\,H^{5,93}\,Az^{0,14}\,O^{2,79}.$$

(III). *Rapports atomiques calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,05}\,Az^{0,21}\,O^{4,26}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O' - 2 \times 2{,}79 = 5{,}58,$$
$$H - 2\,O'_0 = 5{,}93 - 5{,}58 = 0{,}35 = H'_0,$$

excédant sur celui des hydrates de carbone, valeur faible.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0{,}35}{5{,}93} = 0{,}06; \qquad \frac{0{,}35}{5{,}58} = 0{,}06.$$

(V). *Comparaison avec les principes azotés (amides) :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}14 = 0{,}42, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 5{,}93 - 0{,}42 = 5{,}51 = H''_0,$$

excédant sur celui des amides. Si l'on retranche en outre celui des hydrates de carbone, on arrive à une valeur négative, presque nulle d'ailleurs : ce qui signifie qu'il y a des principes suroxygénés.

$$5{,}93 - 5{,}58 - 0{,}42 = -0{,}07 = H'''_0.$$

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6{,}52, \qquad H = 0{,}80 \qquad Az = 2{,}05, \qquad O = 3{,}04,$$

Total : 12,41 pour 100.

$47{,}26 - 6{,}52 = 40{,}74 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$5{,}93 - 0{,}80 = 5{,}13 = H_2$ »
$44{,}76 - 3{,}04 = 41{,}72 = O_2$ »

87,59

Rapport entre les principes non azotés et les albuminoïdes :

$$R = \frac{12{,}41}{87{,}59} = 0{,}14.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46{,}51$$
$$H'_2 = 5{,}85$$
$$O'_2 = 47{,}64$$

100,00

2° L'hydrogène est sensiblement dans les mêmes rapports que dans les hydrates de carbone ;

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,37} H^{5,85} O^{2,97}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,03} O^{4,60}.$$

5° Excès de H total sur l'hydrogène des hydrates de carbone:

$$5,85 - 2,97 \times 2 = -0,09.$$

Cet excès est négatif, avec une valeur très petite d'ailleurs.

6° Enfin le rapport

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,5 < 2,0.$$

L'hydrogène répond sensiblement aux hydrates de carbone, tandis que le rapport du carbone à l'hydrogène est inférieur à celui qui caractérise les glucoses (2 : 1) et même la cellulose (1,67 : 1). Ce résultat accuse une proportion sensible de principes aromatiques, ou suroxydés, comme dans la plante entière.

**C. — Lupin, 25 mai. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 51,20$, $H = 6,79$, $Az = 5,47$, $O = 36,54$.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,26} H^{6,79} Az^{0,38} O^{2,28}.$$

(III). *Rapports atomiques calculés pour* $C^6$ :

$$C^6 H^{9,56} Az^{0,53} O^{3,21}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2 \times 2,28 = 4,56, \qquad 6,79 - 4,56 = 2,23 = H'_0,$$

excédant sur celui des hydrates de carbone.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2,23}{6,79} = 0,32; \qquad \frac{2,23}{4,56} = 0,48.$$

L'hydrogène excédant est à peu près la moitié de l'hydrogène des hydrates de carbone.

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3 \times 0,38 = 1,15, \qquad 6,74 - 1,14 = 4,60 = H''_0,$$

excédant sur celui des amides. Si l'on retranche en outre celui des hydrates de carbone, on a

$$6,79 - 4,56 - 1,14 = 1,19 = H'''_0;$$

ce qui accuse un excès notable de principes hydrogénés.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 17,40, \qquad H = 2,14, \qquad Az = 5,47, \qquad O = 8,12,$$

Total : 33,14 pour 100.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 51,20 — 17,40 = | 33,80 | $= C_2$ | carbone des composés non azotés. |
| 6,79 — 2,15 = | 4,64 | $= H_2$ | » |
| 36,54 — 8,12 = | 28,42 | $= O_2$ | » |
| | 66,86 | | |

Rapport entre les albuminoïdes et les composés non azotés :

$$R = \frac{33,14}{66,86} = 0,49.$$

Le carbone se répartit à peu près également entre les principes azotés et les principes exempts d'azote.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 50,55$$
$$H'_2 = 6,94$$
$$O'_2 = 42,51$$
$$100,00$$

2° H l'emporte de 1,6 centième sur la proportion de cet élément dans les hydrates de carbone ; tandis que, dans la tige, cette proportion existe sensiblement entre l'hydrogène et le carbone ;

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,21}H^{6,94}O^{2,65}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6H^{9,89}O^{3,77}.$$

5° Le rapport :

$$\frac{H_0}{C_0} = 1,7 < 2,0$$

se rapproche de la série grasse ou, plus exactement, de la cellulose. Mais l'oxygène est en proportion moindre ; ce qui est l'indice de principes plus hydrogénés.

En résumé, d'après ces nombres :

(I). La proportion relative du carbone est la plus forte dans les feuilles, aussi bien que sa proportion absolue. Dans la racine et dans la tige, la proportion relative de cet élément est la même ; tandis que son poids absolu est bien plus considérable dans la tige que dans la racine.

La proportion relative de l'hydrogène est maximum dans les feuilles ; minimum dans les tiges. Dès lors celles-ci peuvent être regardées comme un siège d'oxydation, tandis que les feuilles sont un siège de réduction. C'est d'ailleurs dans les feuilles que se trouve le plus fort poids absolu d'hydrogène, le minimum dans la racine.

La proportion relative et absolue de l'azote, c'est-à-dire celle des albuminoïdes, est maximum dans les feuilles. La proportion relative de l'azote est minimum dans la tige, intermédiaire dans les racines.

Il résulte de ces rapports que la tige représente la partie la

lus oxydée ; les racines le sont un peu moins ; tandis que les :uilles le sont très notablement moins. L'écart est tel que le oids absolu de l'oxygène est maximum dans la tige, même omparée aux feuilles ; inversement de ce qui arrive pour le arbone.

(II et III). Les rapports atomiques, soit bruts, soit rapportés ı un même nombre d'atomes de carbone, 6 par exemple, :raduisent fidèlement les mêmes résultats.

(IV). Si l'on compare ces rapports avec ceux des hydrates le carbone, on voit que l'excès de l'hydrogène total sur 'hydrogène constitutif des hydrates de carbone existe dans les différentes parties de la plante. Mais cet excès est minime dans la tige ($\frac{1}{17}$), plus marqué dans la racine ($\frac{1}{6}$) ; enfin, dans la feuille, il s'élève à la moitié : ce qui caractérise bien, en général, la composition relative de la feuille et les phénomènes chimiques qui s'y accomplissent.

(V). Comparons l'hydrogène, au point de vue de la proportion des amides.

Si l'on retranche de l'hydrogène total la somme de celui qui répond aux amides et aux hydrates de carbone, on trouve que, dans les racines, l'hydrogène excédant est le quart de l'hydrogène amidé et seulement le trentième de l'hydrogène total.

Dans les tiges, cet excédent est devenu négatif, presque nul d'ailleurs : ce qui accuse la disparition des corps gras et un degré d'oxydation surpassant celui des hydrates de carbone.

Dans les feuilles, au contraire, il y a un excès d'hydrogène considérable ; excès à peu près égal à l'hydrogène des amides et quadruple de celui des hydrates de carbone.

(VI). Examinons les proportions relatives aux albuminoïdes.

Le rapport des poids des albuminoïdes à celui des corps non azotés est minimum dans la tige ($\frac{1}{7}$), double à peu près dans

les racines ($\frac{1}{4}$), et maximum dans les feuilles ($\frac{1}{2}$) : ce qui signifie que les matières azotées sont en partie oxydées en passant dans la tige, puis régénérées dans les feuilles.

(VII). La composition même des principes non azotés y indique à peu près la même proportion de carbone dans la racine et dans la tige ; mais une dose notamment plus forte dans les feuilles. L'hydrogène de ces principes est un peu plus faible dans la tige que dans la racine, plus fort encore dans les feuilles ; quoique le rapport atomique de cet élément au carbone (restreint aux principes non azotés) soit à peu près le même dans les feuilles que dans la racine.

Tels sont les résultats obtenus pendant la période initiale, qui représente l'accroissement simple de la plante, dû à la seule nutrition ; indépendamment des effets plus complexes qui résulteront plus tard de l'intervention de la fonction de reproduction.

Abordons maintenant une nouvelle période, en commençant par les débuts de la floraison. Nous résumerons davantage nos tableaux, leur signification générale ayant été précisée par ce qui précède.

| | | (1 pied moyen) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | humide. | sec. | | Matière organique. | | Cendres. | |
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 2,5937 | 0,6624 | » | 0,622 | » | 0,0402 | » |
| | En centièmes | » | » | 8,8 | » | 93,9 | » | 6,1 |
| Tige | Poids absolu | 20,2406 | 3,2243 | » | 2,9905 | » | 0,2337 | » |
| | En centièmes | » | » | 42,8 | » | 92,75 | » | 7,25 |
| Feuilles | Poids absolu | 19,7968 | 3,2585 | » | 2,9707 | » | 0,2877 | » |
| | En centièmes | » | » | 43,3 | » | 91,17 | » | 8,83 |
| Inflorescences | Poids absolu | 2,4375 | 0,3873 | » | 0,3656 | » | 0,0216 | » |
| | En centièmes | » | » | 5,1 | » | 94,41 | » | 5,59 |
| Plante totale | Poids absolu | 45,0686 | 7,5325 | » | 6,949 | » | 0,5832 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 92,24 | » | 7,76 |

Le poids total de la plante sèche a de nouveau quadruplé pendant cette période : il est devenu 16 fois aussi considérable qu'au début. La tige et les feuilles ont des poids voisins l'un de l'autre, comme précédemment ; c'est-à-dire que leur accroissement a été parallèle : celui de la racine a été moindre, car elle a seulement triplé. Les inflorescences, qui n'existaient pas auparavant, constituent à ce moment un vingtième du poids total.

*Matière organique de la plante dans un pied sec.*

| | | Matière totale. | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines... | Poids absolu........... | 0,6221 | » | 0,3031 | » | 0,0390 | » | 0,0112 | » | 0,2686 | » |
| | En centièmes du poids total................. | » | 93,92 | » | 45,77 | » | 5,90 | » | 1,70 | » | 40,55 |
| | *Id.* cendres déduites. . | » | » | » | 48,73 | » | 6,28 | » | 1,81 | » | 43,18 |
| Tiges...... | Poids absolu. ......... | 2,9905 | » | 1,4612 | » | 0,1802 | » | 0,0428 | » | 1,3061 | » |
| | En centièmes du poids total................. | » | 92,75 | » | 45,32 | » | 5,59 | » | 1,23 | » | 40,51 |
| | *Id.* cendres déduites... | » | » | » | 48,87 | » | 6,07 | » | 1,43 | » | 43,63 |
| Feuilles... | Poids absolu .......... | 2,9707 | » | 1,5197 | » | 0,2010 | » | 0,1417 | » | 1,1082 | » |
| | En centièmes du poids total................. | » | 91,17 | » | 46,64 | » | 6,17 | » | 4,35 | » | 34,01 |
| | *Id.* cendres déduites... | » | » | » | 51,16 | » | 6,78 | » | 4,77 | » | 37,29 |
| Inflo-rescences. | Poids absolu........... | 0,3656 | » | 0,1852 | » | 0,0235 | » | 0,0154 | » | 0,1413 | » |
| | En centièmes du poids total................. | » | 94,41 | » | 47,83 | » | 6,09 | » | 4,00 | » | 36,49 |
| | *Id.* cendres déduites... | » | » | » | 50,67 | » | 6,45 | » | 4,44 | » | 38,44 |
| Total...... | Poids absolu........... | 6,9189 | » | 3,4692 | » | 0,4437 | » | 0,2111 | » | 2,8242 | » |
| | En centièmes du poids total................. | » | 92,34 | » | 46,05 | » | 5,88 | » | 2,80 | » | 37,49 |
| | **Id. cendres déduites...** | » | » | » | 49,92 | » | 6,38 | » | 3,04 | » | 40,66 |

La composition élémentaire est demeurée à peu près la même que dans la période précédente. Cependant le carbone s'est accru d'un centième et demi dans la racine et dans la tige, qui se sont ainsi rapprochées des feuilles. La richesse en carbone de ces dernières, au contraire, est demeurée la même. Les inflorescences sont intermédiaires.

L'hydrogène ne donne lieu à aucune remarque, à ce point de vue. Mais l'azote relatif a baissé dans toutes les parties, étant réduit presque à moitié dans la racine, aux deux tiers dans la tige; tandis qu'il n'a diminué que d'un huitième dans les feuilles; sa valeur étant voisine dans les inflorescences. En poids absolu, l'azote s'est accru partout.

*Matières minérales (cendres) de la plante, dans un pied sec.*

| | | Poids total. | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines....... | Poids absolu.... | 0,0402 | » | 0,0067 | » | 0,0023 | » | 0,0190 | » |
| | En centièmes... | » | 6,08 | » | 1,01 | » | 0,36 | » | 2,88 |
| Tiges........ | Poids absolu.... | 0,2337 | » | 0,0248 | » | 0,0138 | » | 0,0622 | » |
| | En centièmes... | » | 7,25 | » | 0,77 | » | 0,43 | » | 1,93 |
| Feuilles ...... | Poids absolu.... | 0,2877 | » | 0,0270 | » | 0,0703 | » | 0,0990 | » |
| | En centièmes... | » | 8,83 | » | 0,86 | » | 2,16 | » | 3,04 |
| Inflorescences. | Poids absolu.... | 0,0216 | » | 0,0042 | » | 0,0027 | » | 0,0081 | » |
| | En centièmes... | » | 5,59 | » | 1,09 | » | 0,72 | » | 2,10 |
| Total... ..... | Poids absolu.... | 0,5832 | » | 0,0627 | » | 0,0891 | » | 0,1883 | » |
| | En centièmes... | » | 7,76 | » | 0,83 | » | 1,18 | » | 2,49 |

La proportion relative des cendres est moindre que dans la période précédente ; elle a diminué de près d'un tiers pour le végétal entier. Mais cette diminution n'a pas eu lieu proportionnellement : en effet, dans les feuilles elle est d'un huitième environ ; dans la tige, de plus d'un quart. C'est donc dans les racines que s'est opéré le plus grand changement, les cendres ne formant plus que les 6 centièmes de leur poids, au lieu de 16,3. Les inflorescences donnent le minimum (5,6).

Il est bien entendu d'ailleurs que le poids absolu des cendres s'est partout accru : faiblement cependant dans la racine (0gr,0402, au lieu de 0,0348). Mais il a triplé dans la tige et dans les feuilles.

Les trois composants suivants, acide phosphorique, chaux, potasse, se sont accrus en poids absolu. Les proportions relatives de phosphore ont peu varié, ainsi que celles de la potasse, la chaux ayant changé davantage.

Soient maintenant les comparaisons exécutées sur la plante totale.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49{,}92, \qquad H = 6{,}38, \qquad Az = 3{,}04, \qquad O = 40{,}66.$$

Le carbone s'est accru de près d'un centième ; l'azote a diminué d'un cinquième.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,16} H^{6,38} Az^{0,21} O^{2,54}.$$

La variation porte surtout sur l'azote.

(III). *Rapports pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,20} Az^{0,30} O^{3,66}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 : 2 \times 2{,}54 = 5{,}08, \qquad H - 2\,O'_0 : 6{,}36 - 5{,}08 = 1{,}3 = H'_0.$

C'est l'hydrogène excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $\frac{H'_0}{H} = \frac{1,30}{6,38} = 0,20, \qquad \frac{1,30}{5,08} = 0,25.$

Mêmes rapports sensiblement que dans la période précédente.

(V). *Comparaison avec les principes azotés (amides)* :

1° $3\,Az'_0 = 3 \times 0,21 = 0,63, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 : 6,37 - 0,63 = 5,75 = H''_0.$

C'est l'hydrogène excédant sur celui des amides. Il a la même valeur que précédemment.

2° $6,38 - 5,08 - 0,63 = 0,67 = H'''_0.$

C'est l'hydrogène restant après l'enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Cette valeur est presque double de la précédente (0,39); ce qui tient sans doute au développement des feuilles et inflorescences, et au décroissement relatif de l'azote.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

1° $C = 9,67, \quad H = 1,19, \quad Az = 3,04, \quad O = 4,51.$
Total : 18,41 centièmes.

$49,92 - 9,67 = 40,25 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,38 - 1,19 = 5,19 = H_2$ »
$40,66 - 4,51 = 36,15 = O_2$ »
81,59

2° Rapport pondéral entre les composés azotés et les composés non azotés :

$$R = \frac{18,4}{81,6} = 0,225.$$

Ce rapport a diminué de nouveau, soit d'un quart environ. D'ailleurs, le poids absolu de l'azote étant $0^{gr},211$, on voit que ce poids a triplé (depuis $0^{gr},0627$).

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1°

$$C'_2 = 49,33$$
$$H'_2 = 6,36$$
$$O'_2 = 44,31$$
$$\overline{100,00}$$

Le carbone relatif est un peu accru, ainsi que l'excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone.

2° Rapports atomiques :

$$C^{4,10} H^{6,36} O^{2,77}.$$

3° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,30} O^{4,05}.$$

4° Excès de l'hydrogène total sur celui des hydrates de carbone :

$$6,36 - 2,77 \times 2 = 0,82 = H''_2.$$

Il manque un septième de l'oxygène pour arriver aux hydrates, au lieu de un dixième ; c'est-à-dire que les principes renfermant un excès d'hydrogène ont un peu augmenté.

5° Le rapport

$$\frac{H''_3}{C_3} = 1,5 < 2,0$$

accuse une proportion notable de principes aromatiques ou suroxydés.

Tels sont les résultats observés sur l'ensemble de la plante. Venons à ses différentes parties.

### A. — Lupin, 14 juin 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,73, \quad H = 6,28, \quad Az = 1,81, \quad O = 43,18.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,06}H^{6,28}Az^{0,13}O^{2,69}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}H^{9,28}Az^{0,19}O^{3,97}.$$

Les principes de la racine sont plus riches en carbone, plus pauvres en azote, que dans la période précédente; l'oxygène étant resté le même.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 : 2 \times 2,69 = 5,38, \qquad H - 2\,O'_0 : 6,28 - 5,38 = 0,90 = H'_0.$$

Ce rapport est à peu près le même que dans la période précédente.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,90}{6,28} = 0,14, \qquad \frac{0,90}{5,38} = 0,17.$$

L'excès sur l'hydrogène constitutif des hydrates est aussi resté le même.

(V). *Comparaison avec les principes azotés (amides) :*

$$3\,Az''_0 = 3 \times 0,13 = 0,39, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 6,28 - 0,39 = 5,89 = H''_0.$$

Cet excès est resté stationnaire. Enfin

$$6,28 - 5,38 - 0,39 = 0,51 = H'''_0.$$

C'est l'hydrogène restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Il aurait triplé; mais il s'agit de petites quantités.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 5,75, \qquad H = 0,71, \qquad Az = 1,81, \qquad O = 2,67.$$

Total : 10,94 pour 100.

$48,73 - 5,75 = 42,98 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$2,28 - 0,71 = 5,57 = H_2$ »
$43,18 - 2,67 = 40,51 = O_2$ »

89,06

Rapport entre les deux ordres de composés :

$$R = \frac{10,94}{89,06} = 0,12.$$

Il n'est que la moitié du rapport relatif à la plante totale.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{l} C'_2 = 48,26 \\ H'_2 = \ \ 6,25 \\ O'_2 = 45,49 \\ \hline \quad\ \ 100,00 \end{array}$$

Le carbone s'est notablement accru pendant cette période.

2° H surpasse de 0,66 les hydrates de carbone ; les principes renfermant un excès d'hydrogène sont donc accrus dans la racine.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,02}\,H^{6,25}\,O^{2,84}.$$

Même observation.

4° Rapport calculé pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,35}\,O^{4,23}.$$

Même remarque.

5° Excès de H total sur l'hydrogène des hydrates de carbone :

$$6,25 - 2,84 \times 2 = 0,57.$$

Il s'est accru.

6° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,55 < 2,0.$$

Excès des principes aromatiques, ou suroxygénés.

### B. — Lupin, 14 juin 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 48,87$, $H = 6,07$, $Az = 1,43$, $O = 43,63$.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,07}\,H^{6,07}\,Az^{0,10}\,O^{2,72},$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\,H^{8,94}\,A^{0,14}\,O^{4,00}.$$

Le carbone s'est accru dans les principes organiques de la tige, l'azote ayant diminué d'un tiers.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,72 = 5,44, \qquad H - 2\,O'_0 = 6,07 - 5,44 = 0,63 = H_0$$

excédant.

Ce rapport a doublé pendant cette période (de 0,35 à 0,63).

On a encore :

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,63}{6,07} = 0,14, \qquad \frac{0,63}{5,44} = 0,116.$$

L'accroissement du rapport répond à la remarque précédente.

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,10 = 0,30, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 6,07 - 0,20 = 5,77 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

$$6,07 - 5,44 - 0,30 = 0,37 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates et des amides. Sa valeur est redevenue positive ; tandis que précédemment il n'existait pas d'excès de ce genre.

(VI). *Comparaison avec les principes non azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 4,55, \qquad H = 0,56 \qquad Az = 1,43, \qquad O = 2,12.$$

Total : 8,66 pour 100.

Leur proportion a diminué d'un tiers.

$$48{,}87 - 4{,}55 = 44{,}32 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$6{,}07 - 0{,}56 = 5{,}51 = H_2 \quad \text{»}$$
$$43{,}63 - 2{,}12 = 41{,}51 = O_2 \quad \text{»}$$
$$\overline{91{,}34}$$

Rapport des deux ordres de composés :

$$R = \frac{8{,}66}{91{,}34} = 0{,}09.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48{,}52$$
$$H'_2 = 6{,}03$$
$$O'_2 = 45{,}45$$
$$\overline{100{,}00}$$

Ils sont plus riches en carbone que précédemment.

2 H surpasse celui des hydrates de carbone de 0,35 qui est peu.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,04} H^{6,03} O^{2,84}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,95} O^{4,21}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}5$$

comme précédemment.

## C. — Lupin, 14 juin 1893. (Feuilles.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 51{,}16,\quad H = 6{,}78,\quad Az = 4{,}77,\quad O = 37{,}29.$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,26} H^{6,78} Az^{0,34} O^{3,33}.$$

(III). ***Rapports calculés pour*** $C^6$ :

$$C^6 H^{9,54} Az^{0,47} O^{3,28}.$$

Ces rapports sont à peu près les mêmes que dans la période précédente, sauf une légère diminution (0,7) sur l'azote ; c'est-à-dire que la composition des feuilles est demeurée la même, étant d'ailleurs fort différente de celle de la tige.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,33 = 4,66,$$
$$H - 2\,O_0 = 6,78 - 4,66 = 2,12 = H'_0, \text{ hydrogène excédant.}$$

Il est demeuré presque le même.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2,12}{6,78} = 0,31, \qquad \frac{2,12}{4,66} = 0,45.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,34 = 1,02$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,78 - 1,02 = 5,76 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides,

$$6,78 - 4,66 - 1,02 = 1,10 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Demeuré le même.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 15,17, \quad H = 1,87, \quad Az = 4,77, \quad O = 7,08$$

Total : 28,89 centièmes (au lieu de 33,1).

$$51,16 - 15,17 = 35,99 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$6,78 - 1,87 = 4,91 = H_2 \quad »$$
$$37,29 - 7,08 = 30,21 = O_2 \quad »$$
$$71,11$$

Rapport des deux genres de composés :

$$R = \frac{28,89}{71,11} = 0,40.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 50{,}61$$
$$H'_2 = 6{,}90$$
$$O'_2 = 42{,}49$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° H l'emporte de 1,59 sur celui des hydrates de carbone :

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,21}\,H^{6,90}\,O^{2,65}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,83}\,O^{3,77};$$

5° Le rapport

$$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}7 < 2{,}0$$

demeure le même.

### D. — Lupin, 14 juin 1893. (Inflorescences.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 50{,}67, \qquad H = 6{,}45, \qquad Az = 4{,}44, \qquad O = 38{,}44.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{5,22}\,H^{6,47}\,Az^{0,31}\,O^{2,40}.$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,19}\,Az^{0,44}\,O^{3,41}.$$

Même valeur à peu près que dans les feuilles.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}40 = 4{,}80,$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}45 - 4{,}80 = 1{,}65 = H'_0, \text{ H excédant},$$

Il est sensiblement moindre que dans les feuilles (2,12),

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1{,}65}{6{,}45} = 0{,}25, \qquad \frac{1{,}65}{4{,}80} = 0{,}34.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}31 = 0{,}93,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}45 - 0{,}93 = 5{,}52 = H''_0,$$

H excédant sur celui des amides.

$$6{,}45 - 0{,}93 - 4{,}80 = 0{,}72 = H'''_0, \text{ hydrogène restant}$$

après enlèvement de celui des hydrates et des amides. Il est inférieur d'un tiers environ, par rapport à celui des feuilles.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 14{,}12, \quad H = 1{,}74, \quad Az = 44{,}44, \quad O = 6{,}59.$$
Total : 26,89 pour 100.

Même valeur que dans les feuilles, au même moment.

$$50{,}57 - 14{,}12 = 36{,}55 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$6{,}45 - 1{,}74 = 4{,}71 = H_2$$
$$38{,}44 - 6{,}59 = 31{,}85 = O_2$$
$$\overline{73{,}11}$$

Rapport des deux genres de composés :

$$R = \frac{26{,}89}{73{,}11} = 0{,}36.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 49{,}99$$
$$H'_2 = 6{,}44$$
$$O'_2 = 43{,}57$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° H l'emporte de 1,00 sur celui des hydrates de carbone.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,16}\,H^{6,44}\,O^{2,72}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,29} O^{9,92}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,5 < 2,0.$$

Ce rapport est inférieur à celui des feuilles ; ce qui signifie une formation de principes aromatiques, ou suroxydés, plus marquée.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 3,3466 | 1,1508 | » | 1,0787 | » | 0,0721 | » |
| | En centièmes | » | » | 8,5 | » | 93,73 | » | 6,27 |
| Tiges | Poids absolu | 25,6000 | 4,9126 | » | 4,6439 | » | 0,2687 | » |
| | En centièmes | » | » | 36,4 | » | 94,53 | » | 5,47 |
| Feuilles | Poids absolu | 25,0666 | 4,4944 | » | 4,0855 | » | 0,4089 | » |
| | En centièmes | » | » | 33,3 | » | 90,90 | » | 9,12 |
| Fruits | Poids absolu | 27,6666 | 2,9432 | » | 2,8188 | » | 0,1244 | » |
| | En centièmes | » | » | 21,8 | » | 95,77 | » | 4,23 |
| Plante totale | Poids absolu | 81,6798 | 13,5010 | » | 12,627 | » | 0,8741 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 93,53 | » | 6,47 |

Le poids total de la plante s'est accru de 80 centièmes.

Les tiges et les feuilles ont des poids voisins, ayant continué à croître parallèlement. La racine a crû aussi proportionnellement durant cette période. Mais la proportion des organes de fructification a quadruplé : ce qui caractérise nettement la période actuelle.

*Matière organique de la plante (1 pied sec).*

| | | Matière totale. | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines.. | Poids absolu | 1,0787 | » | 0,5284 | » | 0,0674 | » | 0,0202 | » | 0,4625 | » |
| | En centièmes | » | 93,73 | » | 45,92 | » | 5,86 | » | 1,76 | » | 40,19 |
| | *Id.* cendres déduites | » | » | » | 48,99 | » | 6,25 | » | 1,88 | » | 42,88 |
| Tiges ... | Poids absolu | 4,6439 | » | 2,2410 | » | 0,2795 | » | 0,0560 | » | 2,0642 | » |
| | En centièmes | » | 94,53 | » | 45,68 | » | 5,69 | » | 1,14 | » | 42,02 |
| | *Id.* cendres déduites | » | » | » | 48,37 | » | 6,02 | » | 1,20 | » | 44,41 |
| Feuilles.. | Poids absolu | 4,0855 | » | 2,1204 | » | 0,2710 | » | 0,2170 | » | 1,4768 | » |
| | En centièmes | » | 90,90 | » | 47,18 | » | 6,03 | » | 4,83 | » | 32,86 |
| | *Id.* cendres déduites | » | » | » | 51,91 | » | 6,64 | » | 5,31 | » | 36,14 |
| Fruits... | Poids absolu | 2,8188 | » | 1,4395 | » | 0,1683 | » | 0,1144 | » | 1,0963 | » |
| | En centièmes | » | 95,77 | » | 48,91 | » | 5,72 | » | 3,89 | » | 37,25 |
| | *Id.* cendres déduites | » | » | » | 51,08 | » | 6,98 | » | 4,06 | » | 38,88 |
| Total.... | Poids absolu | 12,6269 | » | 6,3323 | » | 0,7862 | » | 0,4076 | » | 5,0998 | » |
| | En centièmes | » | 93,53 | » | 46,90 | » | 5,82 | » | 3,02 | » | 37,77 |
| | *Id.* cendres déduites | » | » | » | 50,15 | » | 6,22 | » | 3,23 | » | 40,40 |

La composition élémentaire est demeurée sensiblement la même, les feuilles ayant gagné un peu de carbone et une dose sensible d'azote : ce qui a diminué d'autant l'oxygène. Par compensation, les fruits sont moins [illegible] et moins azotés que les feuilles. Tout ceci concerne, bien entendu, les poids relatifs.

| | | Poids total. | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines...... | Poids absolu.... | 0,0721 | » | 0,0075 | » | 0,0039 | » | 0,0460 | » |
| | En centièmes... | » | 6,27 | » | 0,66 | » | 0,34 | » | 3,00 |
| Tiges........ | Poids absolu.... | 0,2687 | » | 0,0304 | » | 0,0461 | » | 0,1169 | » |
| | En centièmes... | » | 5,47 | » | 0,62 | » | 0,94 | » | 2,38 |
| Feuilles...... | Poids absolu.... | 0,4089 | » | 0,0287 | » | 0,0898 | » | 0,1340 | » |
| | En centièmes... | » | 9,10 | » | 0,64 | » | 2,00 | » | 2,98 |
| Fruits........ | Poids absolu.... | 0,1244 | » | 0,0241 | » | 0,0200 | » | 0,0476 | » |
| | En centièmes... | » | 4,23 | » | 0,82 | » | 0,68 | » | 1,62 |
| Total......... | Poids absolu.... | 0,8741 | » | 0,0907 | » | 0,1598 | » | 0,3445 | » |
| | En centièmes... | » | 6,47 | » | 0,67 | » | 1,18 | » | 2,55 |

La proportion relative des cendres a diminué (quoique leur poids absolu se soit accru) ; c'est-à-dire que la formation des principes organiques aux dépens de l'atmosphère l'a emporté sur l'absorption des matières minérales. Cette diminution a porté surtout sur la tige et les fruits ; tandis que la racine et la feuille se sont plutôt enrichies en matières minérales. Le phosphore est sensiblement le même en poids absolu dans les feuilles; son accroissement a porté surtout sur les fruits. La chaux et la potasse ont peu varié comme poids relatifs.

Voici les comparaisons relatives à la plante totale :

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 50,15, \quad H = 6,22, \quad Az = 3,23, \quad O = 40,40.$$

Ce sont à peu près les mêmes chiffres que dans la pé
précédente.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,18} H^{6,22} Az^{0,22} O^{2,52}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{8,92} Az^{0,31} O^{3,61}.$$

Même remarque.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2,52 = 5,04;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,22 - 5,04 = 1,18 = H'_0,$$

hydrogène en excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,18}{6,22} = 0,19, \qquad \frac{1,18}{5,04} = 0,23.$$

Mêmes rapports que précédemment.

(V). *Comparaison avec les principes azotés (amides) :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,22 = 0,66,$$
$$H''_0 - 3\,Az'_0 = 6,22 - 0,66 = 5,56 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur l'hydrogène des amides.

2°
$$6,22 - 5,04 - 0,66 = 0,52 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hyd
de carbone et des amides.

Ce sont à peu près les mêmes valeurs que précédem
(5,75 et 0,67).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

1° $C = 10,27$, $H = 1,27$ $Az = 3,23$, $O = 4,79$.

Total : 19,56 pour 100; au lieu de 18,4.

$50,15 - 10,27 = 39,88 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,22 - 1,27 = 5,95 = H_2$ »
$40,40 - 4,79 = 35,61 = O_2$ »

$$80,44$$

Rapport des deux genres de composés :

2° $$R = \frac{19,6}{80,4} = 0,24;$$

Même valeur sensiblement.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 49,57$$
$$H'_2 = 6,15$$
$$O'_2 = 44,28$$
$$100,00$$

Mêmes valeurs que précédemment.

2° Rapports atomiques :

$$C^{4,13} H^{6,15} O^{2,76}.$$

3° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,93} O^{4,00}.$$

4° Excès de H total sur H des hydrates de carbone :

$$6,15 - 2,76 \times 2 = 0,63; \text{ au lieu de } 0,82.$$

Il manque un dixième de l'oxygène.

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,5 < 2,0.$$

La proportion des principes aromatiques, ou suroxygénés st demeurée la même.

**A. — Lupin, 1er juillet 1893. (Racines.)**

(I). ***Proportion pondérale des éléments :***

$$C = 48{,}99, \quad H = 6{,}25, \quad Az = 1{,}88, \quad O = 42{,}88.$$

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4{,}08}\,H^{6{,}25}\,Az^{0{,}13}\,O^{2{,}68}.$$

(III). ***Rapports calculés pour*** $C^6$ :

$$C^6\,H^{9{,}19}\,Az^{0{,}19}\,O^{3{,}94}.$$

Les mêmes que dans la période précédente.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 : 2 \times 2{,}68 = 5{,}36,$$
$$H - 2\,O'_0 : 6{,}25 - 5{,}36 = 0{,}89 = H'_0 ;$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone ; il demeuré le même.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0{,}89}{6{,}25} = 0{,}14, \qquad \frac{0{,}89}{5{,}36} = 0{,}16.$$

Même observation.

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}13 = 0{,}39,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}25 - 0{,}39 = 5{,}86 = H''_0,$$

hydrogène excédant celui des amides.

$$6{,}25 - 5{,}36 - 0{,}39 = 0{,}50 = H'''_0.$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydrat des amides réunis ; il n'a pas varié.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés c albuminoïdes :*

$$C = 5{,}97, \quad H = 0{,}74, \quad Az = 1{,}88, \quad O = 2{,}79.$$

Total : 11,38 pour 100 ; au lieu de 10,94.

$48,99 - 5,97 = 43,02 = C_2$ carbone des corps non azotés,
$6,25 - 0,74 = 5,51 = H_2$ »
$48,88 - 2,79 = 40,09 = O_2$ »

$$88,62$$

Rapport des deux ordres de composés :

$$R = \frac{11,38}{88,62} = 0,13.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48,54$$
$$H'_2 = 6,21$$
$$O'_2 = 45,25$$
$$100,00$$

Même valeur sensiblement que précédemment.

2° H surpasse de 0,56 celui des hydrates de carbone.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,04} H^{6,21} O^{2,82}$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,22} O^{4,18}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

Toutes ces valeurs sont les mêmes que dans la période précédente.

**B. — Lupin, 1er juillet 1893. (Tige).**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 48,37$, $H = 6,02$, $Az = 1,20$, $O = 44,41$.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,03} H^{6,02} Az^{0,08} O^{2,77}.$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6 H^{8,36} Az^{0,11} O^{4,12}.$$

Valeurs sensiblement les mêmes que précédemment.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,77 = 5,54,$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,02 - 5,54 = 0,48 = H'_0,$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone.

Il a un peu diminué (depuis 0,63).

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,48}{6,02} = 0,079, \qquad \frac{0,48}{5,54} = 0,086;\text{ au lieu de } 0,116.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,08 = 0,24,$$
$$H_0 < 3\,Az'_0 = 6,02 - 0,24 = 5,78 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

$$6,02 - 5,54 - 0,24 = 0,24 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydı de carbone et des amides (au lieu de 0,37).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés co albuminoïdes :*

$$C = 3,81 \qquad H = 0,47, \qquad Az = 1,20, \qquad O = 1,78.$$

Total : 7,26 pour 100; au lieu de 8,66.

$$48,37 - 3,81 = 44,56 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$6,02 - 0,47 = 5,55 = H_2 \quad \text{»}$$
$$44,41 - 1,78 = 42,63 = O_2 \quad \text{»}$$
$$92,74$$

Rapport des deux ordres de composés :

$$R = \frac{7,26}{92,74} = 0,078.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48{,}05$$
$$H'_2 = 5{,}98$$
$$O'_2 = 45{,}97$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° H surpasse celui des hydrates de carbone de 0,23, au lieu de 0,35 : légère diminution.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,00}\,H^{5,98}\,O^{2,88}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{8,97}\,O^{4,32}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}5.$$

### C. — Lupin, 1er juillet 1893. (Feuilles.)

(I). *Proportion pondérale des éléments.*

$$C = 51{,}91, \quad H = 6{,}64, \quad Az = 5{,}31, \quad O = 36{,}14$$

Le carbone et l'azote ont un peu augmenté dans cette période; l'oxygène a un peu diminué.

(II). *Rapports atomiques.*

$$C^{4,32}\,H^{6,64}\,Az^{0,38}\,O^{2,25}.$$

(III).

$$C^6\,H^{9,22}\,Az^{0,52}\,O^{3,12}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}25 = 4{,}50, \qquad H - 2\,O'_0 = 6{,}64 - 1{,}14 - 5{,}50 = H'_0,$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone. Il est demeuré le même.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2{,}14}{6{,}64} = 0{,}32, \qquad \frac{2{,}14}{4{,}50} = 0{,}47.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az^0 = 3 \times 0{,}38 = 1{,}14, \qquad H - 3\,Az'_0 = 6{,}64 - 1{,}14 - 5{,}50 = H''_0,$$

hydrogène excédant celui des amides.

$$6{,}64 - 4{,}50 - 1{,}14 = 1{,}00 = H''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides ;

Demeuré le même.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 16{,}89, \qquad H = 2{,}09, \qquad Az = 5{,}31, \qquad O = 7{,}88.$$

Total : 32,17 pour 100.

Leur proportion est un peu accrue.

$$51{,}91 - 16{,}80 = 35{,}02 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}64 - 2{,}09 = 4{,}55 = H_2 \quad »$$
$$36{,}14 - 7{,}88 = 28{,}26 = O_2 \quad »$$
$$\overline{67{,}83}$$

Rapport entre les deux ordres de composés :

$$R = \frac{32{,}17}{67{,}83} = 0{,}47.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C_2 = 51{,}62$$
$$H'_2 = 6{,}70$$
$$O_2 = 41{,}68$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° H l'emporte de 1,59 sur celui des hydrates de carbone. Comme précédemment.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,30}\,H^{6,70}\,O^{2,60}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{9,35}\, O^{3,63}.$$

5°

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

Le même.

### D. — Lupin, 1er juillet 1893. (Fruits.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 51,08, \qquad H = 5,98, \qquad Az = 4,06, \qquad O = 38,88.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,25}\, H^{5,98}\, Az^{0,29}\, O^{2,43}.$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\, H^{8,44}\, Az^{0,40}\, O^{3,43}.$$

Même valeur à peu près que pour les inflorescences de la période précédente.

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone.*

$$2\, O'_0 = 2 \times 2,43 = 4,86, \qquad H - 2\, O'_0 = 5,98 - 4,86 = 1,12 = H'_0,$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone. Il a diminué d'un tiers.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,12}{5,98} = 0,18, \qquad \frac{1,12}{4,86} = 0,23.$$

(V). *Comparaison avec les amides.*

$$3\, Az_0 = 3 \times 0,29 = 0,87, \qquad H - 3\, Az'_0 - 5,98 - 4,86 = 5,11 = H''_0,$$

hydrogène excédant celui des amides. Même valeur que précédemment

$$5,98 - 4,86 - 0,87 = 0,25 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydra de carbone et des amides (au lieu de 0,72). Il est réduit tiers : ce qui est caractéristique.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés con. albuminoïdes.*

$$C = 12,91, \quad H = 1,59, \quad Az = 4,06, \quad O = 6,03$$

Total : 24,59 pour 100.

Même valeur à peu près que précédemment (26,9).

| | | | |
|---|---|---|---|
| $51,08 - 12,91$ | $= 38,17 = C_2$ | carbone et composés non azotés. | |
| $5,98 - 1,59$ | $= 4,39 = H_2$ | » | |
| $38,88 - 6,03$ | $= 32,85 = O_2$ | » | |
| | 75,41 | | |

Rapport de deux ordres de composés :

$$R = \frac{24,59}{75,41} = 0,32.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 50,61$$
$$H'_2 = 5,82$$
$$O'_2 = 43,57$$
$$100,00$$

2° H l'emporte de 0,37 seulement sur celui des hydrates carbone ; au lieu de 1,00.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,21} H^{5,82} O^{2,73}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$.

$$C^6 H^{8,29} O^{3,89}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,4.$$

Ce rapport a diminué, les produits suroxygénés s'éte accrus.

| | | 1 pied | | | Matière organique. | | Cendres. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | humide. | sec. | | | | | |
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 2,1800 | 1,0749 | » | 1,039 | » | 0,0359 | » |
| | En centièmes | » | » | 11,2 | » | 96,66 | » | 3,34 |
| Tiges | Poids absolu | 9,0000 | 3,8898 | » | 3,6020 | » | 0,2878 | » |
| | En centièmes | » | » | 40,7 | » | 92,60 | » | 7,40 |
| Feuilles | Poids absolu | 1,8000 | 0,3502 | » | 0,3142 | » | 0,0360 | » |
| | En centièmes | » | » | 3,7 | » | 89,71 | » | 10,79 |
| Gousses | Poids absolu | 3,3600 | 2,8054 | » | 2,5670 | » | 0,2384 | » |
| | En centièmes | » | » | 29,3 | » | 91,50 | » | 8,50 |
| Graines | Poids absolu | 7,5350 | 1,4444 | » | 1,3857 | » | 0,0587 | » |
| | En centièmes | » | » | 15,1 | » | 95,93 | » | 4,07 |
| Plante totale | Poids absolu | 23,8780 | 9,5647 | » | 8,9079 | » | 0,6568 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 93,13 | » | 6,86 |

Ce poids est inférieur à celui de la période précédente, la plante ayant déjà perdu quelques feuilles. Mais surtout elle a éprouvé un commencement de combustion lente.

Le poids absolu des fruits est accru de moitié et leur poids relatif a doublé. Ce sont là des caractères spécifiques de la période actuelle. La graine même, c'est-à-dire l'organe de reproduction, forme le tiers du poids du fruit ; les deux tiers étant constitués par ses enveloppes (gousses).

*Matière organique de la plante (1 pied sec).*

| | | Matière totale. | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 1,0390 | » | 0,5104 | » | 0,0632 | » | 0,0075 | » | 0,4578 | » |
| | En centièmes | » | 96,66 | » | 47,49 | » | 5,88 | » | 0,70 | » | 42,59 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 49,13 | » | 6,08 | » | 0,72 | » | 44,07 |
| Tiges | Poids absolu | 3,6020 | » | 1,7119 | » | 0,2189 | » | 0,0392 | » | 1,6320 | » |
| | En centièmes | » | 92,60 | » | 44,01 | » | 5,63 | » | 1,01 | » | 41,95 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 47,53 | » | 6,08 | » | 1,09 | » | 45,30 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,3142 | » | 0,1597 | » | 0,0213 | » | 0,0126 | » | 0,1306 | » |
| | En centièmes | » | 89,71 | » | 45,61 | » | 6,11 | » | 3,60 | » | 37,00 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 50,84 | » | 6,81 | » | 4,01 | » | 41,56 |
| Gousses | Poids absolu | 2,5670 | » | 1,2324 | » | 0,1579 | » | 0,0196 | » | 1,1571 | » |
| | En centièmes | » | 91,50 | » | 43,93 | » | 5,63 | » | 0,70 | » | 41,24 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 48,01 | » | 6,15 | » | 0,77 | » | 43,71 |
| Graines | Poids absolu | 1,3857 | » | 0,7100 | » | 0,1028 | » | 0,0840 | » | 0,4889 | » |
| | En centièmes | » | 95,93 | » | 49,16 | » | 7,12 | » | 5,82 | » | 33,84 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 51,25 | » | 7,42 | » | 6,07 | » | 35,28 |
| Total | Poids absolu | 8,9079 | » | 4,3244 | » | 0,5641 | » | 0,1629 | » | 3,8664 | » |
| | En centièmes | » | 93,13 | » | 45,21 | » | 5,89 | » | 1,70 | » | 40,42 |
| | *Id.* Cendres déd | » | » | » | 48,54 | » | 6,33 | » | 1,82 | » | 43,31 |

*La composition élémentaire répond à un accroissement du carbone, lequel résulte de l'accroissement du poids relatif des fruits.* L'hydrogène a peu varié. L'azote a diminué de près de moitié, diminution qui a porté sur la racine et sur les feuilles : les principes amidés (albuminoïdes) y ont fortement diminué, ce qui est digne de remarque. L'azote des fruits est concentré dans la graine, la gousse en contenant fort peu.

L'oxygène total s'est accru, en raison de la diminution de l'azote ; ce qui accuse encore l'oxydation caractéristique de cette période de marcescence.

***Matières minérales (cendres) de la plante (1 pied sec).***

| | | Poids total. | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,0359 | » | 0,0032 | » | 0,0047 | » | 0,0152 | » |
| | En centièmes | » | 3,34 | » | 0,30 | » | 0,44 | » | 1,42 |
| Tiges | Poids absolu | 0,2878 | » | 0,0101 | » | 0,0606 | » | 0,0762 | » |
| | En centièmes | » | 7,40 | » | 0,26 | » | 1,56 | » | 1,96 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0360 | » | 0,0019 | » | 0,0083 | » | 0,0107 | » |
| | En centièmes | » | 10,29 | » | 0,57 | » | 2,39 | » | 3,06 |
| Gousses | Poids absolu | 0,2384 | » | 0,0039 | » | 0,0286 | » | 0,0807 | » |
| | En centièmes | » | 8,50 | » | 0,14 | » | 1,02 | » | 2,88 |
| Graines | Poids absolu | 0,0587 | » | 0,0170 | » | 0,0046 | » | 0,0138 | » |
| | En centièmes | » | 4,07 | » | 1,18 | » | 0,32 | » | 0,96 |
| Total | Poids absolu | 0,6568 | » | 0,0361 | » | 0,1068 | » | 0,1966 | » |
| | En centièmes | » | 6,86 | » | 0,37 | » | 1,11 | » | 2,05 |

La proportion relative des cendres est demeurée la même sensiblement; leur poids absolu ayant un peu diminué (par suite d'une déperdition de matière).

Elles ont émigré des racines dans les organes aériens (tiges et feuilles).

**Lupin, 24 août 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,54, \quad H = 6,33, \quad Az = 1,82, \quad O = 43,31.$$

La diminution porte surtout sur l'azote ; l'oxygène s'étant accru d'autant. Elle est sensible sur le carbone.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,04} H^{6,33} Az^{0,13} O^{2,70}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,40} Az^{0,19} O^{4,00}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2O'_0 = 2 \times 2,70 = 5,40;$$
$$H - 2O'_0 = 6,33 - 5,40 = 0,93 = H'_0,$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,93}{6,33} = 0,14; \qquad \frac{0,93}{5,40} = 0,17.$$

Diminution sensible (soit 0,23 précédemment).

(V). *Comparaison avec les matières azotées (amides) :*

1°
$$3Az'_0 = 3 \times 0,13 = 0,39;$$
$$H_0 - 3Az'_0 = 6,33 - 0,39 = 5,94 = H''_0$$

hydrogène excédant sur celui des amides. Il s'est accru d' douzième.

2°
$$6,33 - 5,40 - 0,39 = 0,54 = H''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des albuminoïdes. Stationnaire.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 5{,}79, \quad H = 0{,}71, \quad Az = 1{,}82, \quad O = 2{,}70$$

Total : 11,02 pour 100; au lieu de 19,56.

Diminution de près de moitié.

$$48{,}54 - 5{,}79 = 42{,}75 = C_2 \text{ : carbone des corps non azotés.}$$
$$6{,}33 - 0{,}71 = 5{,}62 = H_2 \quad »$$
$$43{,}31 - 2{,}70 = 40{,}61 = O_2 \quad »$$
$$88{,}98$$

Rapports des deux genres de composés :

$$R = \frac{11{,}02}{88{,}98} = 0{,}123.$$

Tombé à moitié.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1°

$$C'_2 = 48{,}04$$
$$H'_3 = 9{,}31$$
$$O'_2 = 45{,}65$$
$$100{,}00$$

2° Rapports atomiques :

$$C^{4,00}\, H^{6,31}\, O^{2,85}.$$

3° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^3\, H^{9,46}\, O^{4,27}.$$

4° Excès de H total sur H des hydrates de carbone :

$$6{,}31 - 2{,}85 \times 2 = 0{,}61.$$

N'a pas varié.

$$\frac{H'_3}{C_3} = 1{,}58.$$

Les principes aromatiques, ou suroxygénés, ont diminué, comme s'ils avaient été brûlés de préférence.

### A. — Lupin, 24 août 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale :*

$$C = 49{,}13, \qquad H = 6{,}68, \qquad Az = 0{,}72, \qquad O = 44{,}07$$

La variation porte sur l'azote, qui est tombé de 1,88 à 0,72; l'oxygène s'étant accru d'autant.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,09}\, H^{6,08}\, Az^{0,05}\, O^{2,75}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\, H^{8,92}\, Az^{0,07}\, O^{4,03}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 : 2 \times 2{,}75 = 5{,}50; \qquad H - 2\,O'_0 = 6{,}08 - 5{,}50 = 0{,}58 = H'_0,$$

l'hydrogène excédant a diminué de moitié (précédemment : 0,89).

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0{,}58}{6{,}08} = 0{,}09; \qquad \frac{0{,}58}{5{,}50} = 0{,}10 \text{ (au lieu de } 0{,}16).$$

(V). *Comparaison avec les matières azotées (amides) :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}05 = 0{,}15;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}08 - 0{,}15 = 5{,}93 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides. Le même.

$$6{,}08 - 5{,}50 - 0{,}15 = 0{,}43 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates et des amides. Le même à peu près (0,50).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 2,29, \qquad H = 0,28, \qquad Az = 0,72, \qquad O = 1,07$$

Total : 4,36 pour 100 ; au lieu de 11,38.

$$49,13 - 2,29 = 46,84 = C_2$$ : carbone des corps non azotés.

$$6,08 - 0,28 = 5,80 = H_2$$ »

$$44,07 - 1,07 = 43,00 = O_2$$ »

$$95,64$$

Rapport des deux genres de composés :

$$R = \frac{4,46}{95,64} = 0,045.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48,99$$
$$H^2 = 6,06$$
$$O'_2 = 44,95$$
$$100,00$$

Même valeur à peu près. Cependant

2° H surpasse de 0,23 seulement celui des hydrates de carbone ; au lieu de 0,56.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,08}\, H^{6,06}\, O^{2,81}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{8,91}\, O^{4,13}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

### B. — Lupin, 24 août 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,53, \qquad H = 6,08, \qquad Az = 1,09, \qquad O = 45,30.$$

Peu différente de la période précédente. Le carbone a diminué de près d'un centième et l'oxygène a augmenté.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,96}\,H^{6,08}\,Az^{0,07}\,O^{2,83}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{9,21}\,Az^{0,10}\,O^{4,28}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone.*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,83 = 5,66;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,08 - 5,66 = 0,42 = H'_0,$$

hydrogène excédant celui des hydrates de carbone. A peu varié (précédemment 0,48).

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,42}{6,08} = 0,069; \qquad \frac{0,42}{5,66} = 0,074 \text{ (au lieu de 0,086).}$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,07 = 0,21;$$
$$H_0 - 3\,Az'_0 = 6,08 - 0,21 = 5,87 = H''_0,$$

hydrogène excédant celui des amides.

$$6,08 - 5,66 - 0,21 = 0,21 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates de carbone et des amides (au lieu de 0,24).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 3,47, \quad H = 0,43, \quad Az = 1,09, \quad O = 1,61.$$

Total : 6,60 pour 100 (au lieu de 7,26).

$$47,53 - 3,47 = 44,06 = C_2 \text{ : carbone des corps non azotés.}$$
$$6,08 - 0,43 = 5,65 = H_2 \quad \text{»}$$
$$45,30 - 1,61 = 43,69 = O_2 \quad \text{»}$$
$$\overline{93,40}$$

$$R = \frac{6,6}{93,4} = 0,070 \text{ (au lieu de 0,078).}$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{rr} C = & 47,17 \\ H = & 6,05 \\ O = & 46,78 \\ \hline & 100,00 \end{array}$$

2° H surpasse celui des hydrates de carbone de 0,20 (au lieu de 0,23).

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,93}\,H^{6,05}\,O^{2,92}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,23}\,O^{4,45}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,55.$$

**C. — Lupin, 24 août 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 50,84, \quad H = 6,81. \quad Az = 4,01, \quad O = 38,34.$$

L'azote a diminué d'un quart, soit de 1,3 centième ; le carbone a diminué d'un centième ; l'oxygène s'est accru de 2,2 centièmes.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,23}\,H^{6,81}\,Az^{0,28}\,O^{2,39}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^6\,H^{9,66}\,Az^{0,39}\,O^{3,39}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,39 = 4,78; \quad H - 2\,O'_0 = 6,81 - 4,78 = 2,03 = H_0.$$

L'ydrogène excédant sur celui des hydrates de carbon demeure à peu près le même.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2,03}{6,81} = 0,29; \qquad \frac{2,03}{4,78} = 0,42.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,28 = 0,84; \qquad H - 3\,Az'_0 = 6,81 - 0,84 = 5,97 = H''_0.$$

L'hydrogène excédant sur celui des amides s'est accru de 0,47, c'est-à-dire un onzième.

$$6,81 - 4,78 - 0,84 = 1,19 = H'''_0$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates de carbone et des amides (au lieu de 1,00). Le même sensiblement.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 12,75, \qquad H = 1,58, \qquad Az = 4,01, \qquad O = 5,95.$$

Total ; 24,29 pour 100 précédemment, au lieu de 32,17.

Diminution d'un quart.

$50,84 - 12,75 = 38,09 = C_2$ : carbone des composés non azotés.
$6,81 - 1,58 = 5,23 = H_2$ »
$38,34 - 5,95 = 32,39 = O_2$ »
75,71

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{24,29}{75,71} = 0,32 \text{ (au lieu de 0,47 précédemment).}$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$C = 50,31$
$H = 6,90$
$O = 42,79$
100,00

2° H l'emporte de 1,55 sur celui des hydrates de carbone; comme précédemment.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,19}\,H^{6,90}\,O^{2,67}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,90}\,O^{3,82}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,66.$$

Les principes aromatiques et suroxygénés ont diminué dans les feuilles, par suite des phénomènes de combustion qui marquent le terme de la végétation.

### D. — Lupin, 24 août 1893. (Gousses.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,01; \quad H = 6,15; \quad Az = 0,77; \quad O = 45,07$$

Le carbone est fort inférieur à celui des fruits; l'azote encore davantage, cet azote étant concentré dans la graine.

Ainsi, il s'est opéré un partage d'éléments entre la graine et ses enveloppes.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,00}\,H^{6,15}\,Az^{0,05}\,O^{2,81}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6\,H^{9,22}\,Az^{0,075}\,O^{4,21}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,81 = 5,62; \qquad H - 2\,O'_0 = 6,15 - 5,62 = 0,53 = H'_0$$

hydrogène excédant sur celui des hydrates de carbone; au lieu de 1,12 trouvé dans les fruits analysés auparavant.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,53}{6,15} = 0,086; \qquad \frac{0,53}{5,62} = 0,094 \text{ au lieu de } 0,23.$$

V. *Comparaison avec les amides :*

$$[illegible]$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

$$[illegible]$$

hydrogène restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

VI. *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 2,45. \qquad H = 0,30. \qquad Az = 0,77. \qquad O = 1,14.$$

Total : 4,66 pour 100.

$48,01 - 2,45 = 45,56 = C_2$ : carbone des composés non azotés.
$6,15 - 0,30 = 5,85 = H_2$ »
$45,07 - 1,14 = 43,93 = O_2$ »

95,34

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{4,66}{95,34} = 0,048.$$

VII. *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{aligned} C &= 47,78 \\ H &= 6,13 \\ O &= 46,09 \\ \hline & 100,00 \end{aligned}$$

2° H l'emporte de 0,37 sur celui des hydrates de carbone.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,98}\, H^{6,13}\, O^{2,88}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{9,24}\, O^{4,34}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,54.$$

**E. — Lupin, 24 août 1893. (Graines.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 51,25; \quad H = 7,42; \quad Az = 6,07; \quad O = 35,26.$$

Le carbone est à peu près le même que dans les fruits ; mais l'hydrogène est en grand excès, ce qui trahit l'accumulation des matières grasses. L'azote est aussi plus fort de moitié.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,27}\, H^{7,42}\, Az^{0,43}\, O^{2,20}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\, H^{10,42}\, Az^{0,60}\, O^{3,09}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2O_0' = 2 \times 2,20 = 4,40; \qquad H - 2O_0' = 7,42 - 4,40 = 3,02 = H_0',$$

hydrogène excédant ; au lieu de 0,53 dans les graines et de 1,72 dans les fruits, lors de la période antérieure.

$$\frac{H_0'}{H} = \frac{3,02}{7,42} = 0,47; \qquad \frac{3,02}{4,40} = 0,68$$

au lieu de 0,23. Même signification.

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3Az_0' = 3 \times 0,43 = 1,29;$$
$$H - 3Az_0' = 7,42 - 1,29 = 6,13 = H_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

$$7,42 - 4,40 - 1,29 = 1,73 = H_0'',$$

hydrogène restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Même signification que ci-dessus.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 19{,}31, \quad H = 2{,}39, \quad Az = 6{,}07, \quad O = 9{,}01.$$

Total : 36,78 pour 100.

$$51{,}25 - 19{,}31 = 31{,}94 = C_2 \text{ : carbone des composés non azotés.}$$
$$7{,}42 - 2{,}39 = 5{,}03 = H_2 \quad »$$
$$35{,}26 - 9{,}01 = 26{,}25 = O_2 \quad »$$
$$\overline{63{,}22}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{36{,}78}{63{,}22} = 0{,}58.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C = 50{,}52$$
$$H = 7{,}95$$
$$O = 41{,}53$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° H l'emporte de 2,76 sur celui des hydrates de carbone ; ce qui accuse la prépondérance des matières grasses.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,21}\, H^{7,96}\, O^{2,59}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{11,33}\, O^{3,69}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}63.$$

Diminution des principes aromatiques et suroxygénés.

---

Observons que ces analyses de la graine de lupin nous ramènent au point de départ : il est, dès lors, intéressant de comparer la graine mise en terre, le 10 avril, avec la graine qui en dérive, récoltée le 24 août. Les différences entre la

composition de ces deux graines (déduite d'analyses faites sur un certain nombre d'échantillons réunis, c'est-à-dire représentant une graine moyenne) accusent à la fois la diversité individuelle, relative à une graine (moyenne) des deux récoltes successives et les altérations que la graine récoltée en 1892 a pu subir pendant les sept mois d'automne et d'hiver qui ont précédé l'ensemencement ; tandis que la graine nouvelle a été analysée aussitôt la récolte. Ces altérations sont réelles, la graine fraîche contenant 81 centièmes d'eau et 19 centièmes seulement de matière sèche, tandis que la graine ancienne renferme seulement 9,4 centièmes d'eau.

| | | | Graine ancienne. | | Graine fraîche. |
|---|---|---|---|---|---|
| Matière organique. | 96,55 | C = | 48,56 | 95,93 | 49,16 |
| | | H = | 7,21 | | 7,12 |
| | | Az = | 5,61 | | 5,82 |
| | | O = | 35,17 | | 33,84 |
| Matière minérale.. | 3,45 | $P^2O^5$ = | 0,83 | 4,07 | 1,18 |
| | | $K^2O$ = | 0,98 | | 0,96 |
| | | CaO = | 0,36 | | 0,32 |

La composition centésimale de la graine sèche est voisine dans les deux cas, comme on pouvait s'y attendre. Cependant la graine fraîche est un peu plus riche en carbone et plus pauvre en oxygène : ce qui s'explique par l'oxydation lente des principes immédiats, et spécialement des corps gras, pendant la conservation de la graine. L'azote est sensiblement le même. Remarquons enfin que l'analyse accuse un sensible excès de matière minérale totale dans la graine fraîche, et spécialement un léger excès d'acide phosphorique ; différences que l'oxydation des principes organiques ne saurait modifier. Mais elles sont assez faibles pour répondre à la diversité des récoltes elles-mêmes.

Résumons les observations générales faites sur la marche de la végétation du lupin.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | | | | |
| 1° Le poids initial de la graine étant | 0,4155 | cont. | 0,4017 | de matière organique et | 0,0138 | de cendres (soit | 3,45 | centièmes).. | |
| 2° Du 10 avril au 3 mai, le poids de la plantule est devenu ........ | 0,4516 | » | 0,3970 | » | 0,0545 | » | 12,07 | » | |
| 3° Du 3 mai au 25 mai. Végétation sans floraison............ .... | 1,8746 | » | 1,6839 | » | 0,2004 | » | 10,69 | » | |
| 4° Du 25 mai au 14 juin. Débuts de la floraison.................. | 7,5325 | » | 6,949 | » | 0,5832 | » | 7,76 | » | |
| 5° Du 14 juin au 1er juillet. Floraison. Débuts de la fructification. | 13,5010 | » | 12,627 | » | 0,8741 | » | 6,47 | » | |
| 6° Du 1er juillet au 24 août. Fructification. Marcescence.......... | 9,5647 | » | 8,9079 | » | 0,6568 | » | 6,86 | » | |

1° et 2° Aux débuts, la variation de poids est faible, et il y aurait même une légère perte de matière organique (attribuable d'ailleurs aux téguments demeurés dans le sol). Au contraire, il y a absorption considérable de matières minérales. Les corps gras ont brûlé en partie.

La composition centésimale de la matière organique est demeurée à peu près la même, quant au carbone (p. 19 et 22); l'hydrogène a diminué d'un neuvième, l'azote d'un dixième.

Quant à la matière minérale, la potasse et la chaux se sont fortement accrues ; le phosphore a baissé.

3° Puis la plante quadruple le poids en trois semaines, par simple nutrition ; la matière organique croissant même plus vite que la matière minérale, dont la proportion relative est toujours très forte. A ce moment, d'après les tableaux de la page 25, la racine forme un neuvième (11,4 centièmes) du poids de la plante et renferme le maximum de matière minérale ; le surplus des matières, tant organiques que minérales, se répartissant à peu près également entre la tige et les feuilles.

Comme composition centésimale, le carbone a peu varié ; l'hydrogène a baissé d'un dixième, et l'azote, surtout, de près d'un quart : la production des principes hydrocarbonés ayant été plus rapide que celle des principes azotés. La répartition de ces principes est d'ailleurs inégale : les feuilles contenant le maximum de carbone, d'hydrogène et d'azote ; ce qui répond à leur rôle dans la nutrition végétale. Les principes minéraux se sont accrus, la potasse principalement, mais plus dans les tiges que dans le reste de la plante. Pour le surplus, *voir* les pages 195, 196, 197 ; 206 à 208.

4° Pendant les trois semaines qui suivent, la fonction de reproduction se manifeste par les débuts de la floraison. Le poids de la plante quadruple de nouveau, cet accroissement portant surtout sur la matière organique ; car la proportion centésimale de la matière minérale baisse de 10,6 à 7,76 centièmes, c'est-à-dire que son poids absolu triple seulement. A ce moment, la racine ne forme plus qu'un onzième (8,8 centièmes) du poids de la plante ; les tiges et les feuilles sont en dose relative à peu près égale, et voisine de la période précédente ; les inflorescences constituent seulement 5 centièmes du poids.

La répartition des matières minérales a surtout été profondément modifiée et leur proportion relative a baissé par-

tout; dans les racines en particulier, elle est réduite à 6,1 centièmes.

Les feuilles en contiennent le maximum : ce qui montre que le transport de ces matières dans l'intérieur de la plante a été plus rapide que leur absorption aux dépens du sol.

La plante totale s'est un peu enrichie dans la proportion relative du carbone; celle de l'azote ayant diminué. Mais l'accroissement du carbone a porté surtout sur les racines et la tige. Pour le surplus, *voir* les pages 209, 211, 213, 214.

5° Pendant les deux semaines consécutives, floraison et débuts de la fructification, la plante a crû beaucoup plus lentement, son poids n'ayant pas tout à fait doublé. Cet accroissement a porté surtout sur la matière organique, la matière minérale n'ayant gagné que moitié : ce qui en a réduit la proportion relative à 6,47 centièmes.

Les racines forment toujours les 8,5 centièmes du poids total, renfermant seulement un seizième de leur poids de matière minérale. Les tiges et les feuilles demeurent avec des poids très voisins; mais les fruits forment près du quart du poids de la plante. A ce moment, la matière minérale demeure maximum dans les feuilles, comme poids absolu et poids relatif; elle est minimum dans les fruits.

La composition relative de la plante totale est restée la même, c'est-à-dire que les divers principes organiques ont crû proportionnellement. La matière minérale a varié plus lentement (*voir* les pages 223, 225.

6° Pendant les deux mois suivants, la fructification s'est accomplie et la plante a atteint le terme de son existence. Son poids absolu (moyenne d'un certain nombre de pieds) a diminué de près d'un tiers, cette réduction ayant eu lieu surtout sur la matière organique. Cependant elle a porté aussi sur la matière minérale; ce qui répond à la chute des organes de la

floraison (autres que les fruits) et à celle d'un certain nombre de feuilles. Dans cet effet, on doit tenir compte d'une combustion partielle des tissus de la plante, traduite par ce fait que la dose relative des matières minérales s'est accrue d'un seizième.

Cette combustion se traduit aussi dans les poids relatifs des différentes portions de la plante, la racine s'élevant maintenant aux 11,2 centièmes; les feuilles, qui naguère pesaient à peu près autant que la tige, ne constituent plus que les 3,7 centièmes du poids total; tandis que la tige en forme à présent les 40,7 centièmes.

Les fruits représentent les 44,4 centièmes du poids total : résultat qui caractérise clairement l'évolution finale de la plante. Quant aux matières minérales, elles sont minimum dans la racine ; c'est-à-dire que celle-ci ne prend plus rien au sol, tandis qu'elle continue à céder ses aliments minéraux aux autres portions du végétal. Les feuilles renferment le maximum de cendres, comme précédemment; les graines, une proportion faible.

La proportion relative du carbone dans la plante totale a baissé, ainsi que celle de l'azote, réduite presque à moitié; tandis que l'oxygène s'est accru. Ces effets sont attribuables en partie à l'oxydation générale de la plante, en partie à la chute des feuilles.

---

## TROISIÈME PARTIE

### Végétation du blé.

On a étudié successivement :

1° La graine, semée le 15 mars 1893 ;

2° La jeune plante, le 14 avril;

3° La plante plus développée, le 15 mai;

4° La plante au début de la formation des épis, le 12 juin;

5° La plante au moment de la récolte, le 6 juillet.

Le nombre des analyses a été le même que pour le lupin.

### 1° Grain de blé (1893).

| | 1 grain humide. | 1 grain sec. | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu.... | 0gr,0420 | 0gr,0380 | 0gr,0008 | » | 0gr,0372 | » |
| En centièmes... | » | » | » | 2,21 | » | 97,79 |

### 2° Jeune plante (semée le 15 mars; le 14 avril : haut., 0m,10 env.). (1 pied moyen.)

| | 1 grain humide. | 1 grain sec. | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu.... | 0gr,3320 | 0gr,0682 | 0gr,0122 | » | 0gr,0560 | » |
| En centièmes... | » | » | » | 17,95 | » | 82,05 |

### 3° 15 mai 1893. (1 pied moyen.)

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu.. | 0,0420 | 0,0686 | 0,0172 | » | 0,0511 | » |
| | En centièmes. | » | 11,5 | » | 25,18 | » | 74,5 |
| Tiges et feuilles. | Poids absolu.. | 2,2400 | 0,5528 | 0,0561 | » | 0,502 | » |
| | En centièmes. | » | 88,5 | » | 10,16 | » | 90,8 |
| Total... | Poids absolu.. | 2,4500 | 0,6214 | 0,0733 | » | 0,5531 | » |
| | En centièmes. | » | » | » | 11,79 | » | 89,0 |

### 4° Blé (Commencement de la formation des épis; 2 juin). (1 pied moyen).

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu.. | 0,4071 | 0,2244 | 0,0775 | » | 0,1469 | » |
| | En centièmes. | » | 7,4 | » | 34,54 | » | 65,46 |
| Tiges... | Poids absolu.. | 5,9230 | 1,8130 | 0,1069 | » | 1,7061 | » |
| | En centièmes. | » | 59,5 | » | 5,90 | » | 94,10 |
| Feuilles. | Poids absolu.. | 1,3280 | 0,6100 | 0,0694 | » | 0,5406 | » |
| | En centièmes. | » | 20,0 | » | 11,38 | » | 88,62 |
| Épis.... | Poids absolu.. | 1,3450 | 0,3977 | 0,0138 | » | 0,3839 | » |
| | En centièmes. | » | 13,1 | » | 3,49 | » | 96,51 |
| Total... | Poids absolu.. | 9,0031 | 3,0451 | 0,2676 | » | 2,7775 | » |
| | En centièmes. | » | 100,0 | » | 8,78 | » | 91,21 |

**5° Blé (Feuilles inférieures desséchées. Moment de la récolte : 6 juillet 1893).**

| | | 1 pied | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | humide. | sec. | | | | |
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| acines. | Poids absolu.. | 0,2630 | 0,1261 | 0,0085 | » | 0,1176 | » |
| | En centièmes. | » | 4,3 | » | 6,80 | » | 93,20 |
| iges... | Poids absolu.. | 2,6190 | 1,2327 | 0,0626 | » | 1,1701 | » |
| | En centièmes. | » | 42,1 | » | 5,08 | » | 94,92 |
| euilles. | Poids absolu.. | 0,9035 | 0,5570 | 0,1397 | » | 0,4173 | » |
| | En centièmes. | » | 19,0 | » | 25,09 | » | 74,91 |
| pis.... | Poids absolu.. | 2,0595 | 1,0140 | 0,0478 | » | 0,9662 | » |
| | En centièmes | » | 34,6 | » | 4,72 | » | 95,28 |
| otal... | Poids absolu.. | 5,8450 | 2,9298 | 0,2586 | » | 2,6712 | » |
| | En centièmes. | » | 100,0 | » | 8,82 | » | 91,17 |

D'après ces nombres, le poids sec de la graine n'avait pas out à fait doublé, lors du premier développement de la lante verte. Un mois plus tard, il est devenu seize fois aussi onsidérable ; soixante-quinze fois autant, au moment de la ormation des épis. Il avait à peine varié (ou diminué d'un ingtième) pendant la fructification, au moment de la récolte. Ces variations répondent en gros à celles des principes rganiques de la plante.

Les cendres, faibles dans les graines, s'élevaient à 18 cen- èmes au début de la végétation ; leur poids absolu ayant onté de $0^{gr},0008$ à $0^{gr},0122$. Dans la période suivante, elles nt sextuplé en poids absolu, tout en diminuant d'un tiers, omme proportion relative. Au moment de la formation des ois, leur poids absolu est devenu trois fois et demie aussi rt ; tout en baissant d'un quart comme proportion relative, n raison du développement plus rapide de la matière orga- ique.

Ces poids, tant relatifs qu'absolus, n'ont guère changé endant la période de maturation. Ils définissent à peu près

le rapport entre les emprunts faits au sol et à l'atmosphère.

La proportion relative des différentes portions de la plante est telle, qu'au moment de la frondaison et avant l'épiage les racines forment le neuvième du poids de la plante, étant constituées pour les trois quarts par de la matière organique. Les tiges et feuilles constituent les huit neuvièmes, dont un dixième du poids seulement en matière minérale.

Au début de l'épiage, la racine ne forme plus que les 7 centièmes du poids de la plante. Cette valeur relative subsiste pendant la fructification ; tandis que la proportion relative de l'épi devient triple, montant de 13 à 35 centièmes.

Le rapport du poids de la tige (graminées) aux feuilles diminue en même temps.

### 1° Grain de blé (1893).

*Matière organique* dans un grain sec :

| | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Poids pour 1 grain............ | 0,0167 | » | 0,0024 | » | 0,0007 | » | 0,0172 | » |
| En centièmes................ | » | 44,17 | » | 6,34 | » | 1,91 | » | 45,33 |
| *Id.* Cendres déduites.......... | » | 45,18 | » | 6,48 | » | 1,95 | » | 46,39 |

Les *cendres* renferment, entre autres composés, dans un grain sec :

| | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu....... | 0gr,0003 | » | 0gr,00011 | » | 0gr,00042 | » |
| En centièmes...... | » | 0,80 | » | 0,30 | » | 1,11 |

### 2° Jeune plante (14 avril).

*Matière organique*, dans un pied sec :

| | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Poids absolu................. | 0,0274 | » | 0,0036 | » | 0,0019 | » | 0,0231 | » |
| En centièmes ............... | » | 40,11 | » | 5,27 | » | 2,86 | » | 33,81 |
| *Id.* Cendres déduites.......... | » | 48,89 | » | 6,42 | » | 3,48 | » | 41,21 |

Les *cendres* renferment, entre autres composés, dans un pied sec :

| | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu ....... | 0gr,0004 | » | 0gr,000[illegible] | » | 0gr,0025 | » |
| En centièmes....... | » | 0,66 | » | 0,86 | » | 3,73 |

## 3e Pied moyen (15 mai).

*Matière organique* dans un pied sec :

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines.. .. | Poids absolu.......... | 0,0241 | » | 0,0029 | » | 0,0006 | » | 0,0235 | » |
| | En centièmes......... | » | 35,27 | » | 4,27 | » | 0,92 | » | 34,36 |
| | *Id.* Cendres déduites . | » | 47,14 | » | 5,71 | » | 1,23 | » | 45,92 |
| Feuilles..... | Poids absolu.......... | 0,2376 | » | 0,0323 | » | 0,0114 | » | 0,2207 | » |
| | En centièmes......... | » | 42,99 | » | 5,86 | » | 2,05 | » | 39,94 |
| | *Id.* Cendres déduites.. | » | 47,86 | » | 6,52 | » | 2,28 | » | 43,34 |
| Total...... | Poids absolu.......... | 0,2617 | » | 0,0352 | » | 0,0120 | » | 0,2442 | » |
| | En centièmes......... | » | 42,11 | » | 5,66 | » | 1,93 | » | 39,19 |
| | *Id.* Cendres déduites.. | » | 47,74 | » | 6,43 | » | 2,19 | » | 44,64 |

Les *cendres* renferment, entre autres composés, dans un pied sec :

| | | Acide phosph. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines... | Poids absolu.... | 0,0005 | » | 0,0004 | » | 0,0010 | » |
| | En centièmes.... | » | 0,80 | » | 0,69 | » | 1,60 |
| Féuilles... | Poids absolu.... | 0,0066 | » | 0,0045 | » | 0,0170 | » |
| | En centièmes... | » | 1,20 | » | 0,83 | » | 3,08 |
| Total...... | Poids absolu.... | 0,0071 | » | 0,0049 | » | 0,0180 | » |
| | En centièmes.... | » | 1,14 | » | 7,88 | » | 2,89 |

*Matière organique* (1 pied moyen sec).

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines... | Poids absolu......... | 0,0696 | » | 0,0090 | » | 0,0015 | » | 0,0666 | » |
| | En centièmes........ | » | 31,06 | » | 4,01 | » | 0,67 | » | 29,72 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,44 | » | 6,13 | » | 1,03 | » | 45,40 |
| Tiges..... | Poids absolu......... | 0,8133 | » | 0,0955 | » | 0,0138 | » | 0,8143 | » |
| | En centièmes........ | » | 44,86 | » | 5,27 | » | 0,77 | » | 43,20 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,67 | » | 5,60 | » | 0,81 | » | 45,92 |
| Feuilles... | Poids absolu......... | 0,2643 | » | 0,0358 | » | 0,0129 | » | 0,1842 | » |
| | En centièmes........ | » | 43,34 | » | 5,87 | » | 2,14 | » | 37,37 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 48,91 | » | 6,63 | » | 2,41 | » | 42,05 |
| Épis...... | Poids absolu......... | 0,1850 | » | 0,0244 | » | 0,0076 | » | 0,1669 | » |
| | En centièmes........ | » | 46,52 | » | 6,15 | » | 1,92 | » | 41,96 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 48,20 | » | 6,37 | » | 1,99 | » | 43,48 |
| Total..... | Poids absolu........ | 1,3227 | » | 0,1647 | » | 0,0358 | » | 1,2129 | » |
| | En centièmes........ | » | 43,76 | » | 5,40 | » | 1,18 | » | 40,80 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,97 | » | 5,93 | » | 1,39 | » | 44,60 |

Les *cendres* renferment, dans un pied sec :

| | | Acide phosph. | | Chaux. | | Potasse. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. |
| Racines. | Poids absolu... | 0,0008 | » | 0,0013 | » | 0,0010 |
| | En centièmes.. | » | 0,37 | » | 0,59 | » |
| Tiges... | Poids absolu... | 0,0074 | » | 0,0038 | » | 0,0429 |
| | En centièmes.. | » | 0,41 | » | 0,21 | » |
| Feuilles. | Poids absolu... | 0,0041 | » | 0,0079 | » | 0,0147 |
| | En centièmes.. | » | 0,68 | » | 1,30 | » |
| Épis.... | Poids absolu.. | 0,0028 | » | 0,0005 | » | 0,0064 |
| | En centièmes.. | » | 0,71 | » | 0,14 | » |
| Total... | Poids absolu... | 0,0151 | » | 0,0135 | » | 0,0650 |
| | En centièmes.. | » | 0,49 | » | 0,41 | » |

*Matière organique* dans un pied sec moyen.

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines..... | Poids absolu...... | 0,0565 | » | 0,0070 | » | 0,0007 | » | 0,0534 | » |
| | En centièmes..... | » | 44,81 | » | 5,62 | » | 0,62 | » | 42,35 |
| | *Id.* Cendres déd.. | » | 48,08 | » | 6,03 | » | 0,67 | » | 45,40 |
| Tiges....... | Poids absolu...... | 0,5626 | » | 0,0804 | » | 0,0089 | » | 0,5182 | » |
| | En centièmes..... | » | 45,64 | » | 6,53 | » | 0,73 | » | 42,03 |
| | *Id.* Cendres déd.. | » | 48,08 | » | 6,88 | » | 0,77 | » | 44,29 |
| Feuilles..... | Poids absolu...... | 0,2093 | » | 0,0238 | » | 0,0058 | » | 0,1784 | » |
| | En centièmes..... | » | 37,59 | » | 4,28 | » | 1,05 | » | 32,03 |
| | *Id.* Cendres déd.. | » | 50,18 | » | 5,71 | » | 1,41 | » | 42,75 |
| Épis........ | Poids absolu...... | 0,4593 | » | 0,0626 | » | 0,0209 | » | 0,4234 | » |
| | En centièmes..... | » | 45,3[illegible] | » | 6,18 | » | 2,07 | » | 41,76 |
| | *Id.* Cendres déd... | » | 47,54 | » | 6,48 | » | 2,17 | » | 43,82 |
| Total ...... | Poids absolu...... | 1,2877 | » | 0,1738 | » | 0,0363 | » | 1,1734 | » |
| | En centièmes..... | » | 43,95 | » | 5,93 | » | 1,24 | » | 40,03 |
| | *Id.* Cendres déd... | » | 48,20 | » | 6,50 | » | 1,36 | » | 43,94 |

Les *cendres* renferment, dans un pied sec :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines(1). | Poids absolu. | 0,0006 | » | 0,0007 | » | 0,0014 | » |
| | En centièmes. | » | 0,51 | » | 0,60 | » | 1, |
| Tiges ..... | Poids absolu. | 0,0029 | » | 0,0040 | » | 0,0192 | |
| | En centièmes. | » | 0,24 | » | 0,33 | » | 1 |
| Feuilles... | Poids absolu. | 0,0026 | » | 0,0056 | » | 0,0044 | |
| | En centièmes. | » | 0,48 | » | 1,01 | » | |
| Épis ...... | Poids absolu. | 0,0077 | » | 0,0012 | » | 0,0070 | |
| | En centièmes. | » | 0,76 | » | 0,12 | » | |
| Total ..... | Poids absolu. | 0,0138 | » | 0,0115 | » | 0,0032 | |
| | En centièmes. | » | 0,47 | » | 0,39 | » | |

Examinons maintenant la proportion relative des élé aux différentes périodes, d'abord dans la plante totale , dans ses parties.

Plante totale :

### 1° Grains de blé.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 45,18, \quad H = 6,48, \quad Az = 1,95, \quad O = 46,3$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,76}\,H^{6,48}\,Az^{0,14}\,O^{2,89}.$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\,H^{10,34}\,Az^{0,22}\,O^{4,61}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2O_0 = 2 \times 2,89 = 5,78,$$
$$H - 2O'_0 = 6,48 - 5,78 = 0,70 = H_0,$$

(1) Un échantillon spécial a servi aux dosages de $P^2O^5$, CaO, $K^2$ les racines.

excès total sur celui des hydrates de carbone. Il n'est que d'un huitième, la graine étant très riche en amidon.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,70}{6,48} = 0,108, \qquad \frac{0,70}{5,80} = 0,110.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3Az_0 = 3 \times 0,14 = 0,42,$$
$$H_0 - 3Az_0 = 6,48 - 0,42 = 6,06 = H''_0,$$

excédant sur les amides ;

2°
$$6,48 - 5,80 - 0,42 = 0,26 = H'''_0,$$

restant après enlèvement de l'hydrogène des hydrates de carbone et des amides.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6,20, \quad H = 0,77, \quad Az = 1,95, \quad O = 2,89;$$
total : 11,81 pour 100.

$45,18 - 6,20 = 38,98 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,48 - 0,77 = 5,71 = H_2$ »
$49,39 - 2,89 = 43,50 = O_2$ »
88,19

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{11,81}{88,19} = 0,13.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 44,20$$
$$H'_2 = 6,70$$
$$O'_2 = 49,10$$
$$100,00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone : 0,60.

2° *Rapports atomiques* :

$$[illegible]$$

3° *Rapports calculés pour* $C^6$.

$$[illegible]$$

4° $$\frac{H_2}{C_2} = [illegible]$$

Ce rapport est voisin de celui de la série grasse, à cause de la prédominance de l'amidon.

Cette prédominance donne à la graine du blé une composition élémentaire fort différente de celle du lupin (p. 188).
L'écart serait plus grand encore, si l'on comparait avec la graine des plantes oléagineuses.

**2° Blé, 14 avril 1883, début de la végétation. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments* :

$$C = 48,89, \quad H = 6,42, \quad Az = 3,48, \quad O = 41,21.$$

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,07}\,H^{6,42}\,Az^{0,24}\,O^{2,57}.$$

Ces rapports sont très différents de la graine et analogues à ceux du lupin pour la même période (sauf une richesse moindre en azote, d'un tiers à peu près).

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,89}\,Az^{0,35}\,O^{3,78}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,57 = 5,14, \qquad H - 2\,O_0 = 6,42 - 5,14 = 1,28 = H'_0.$

L'excès sur celui des hydrates de carbone est d'un quart

environ ; il a doublé, tout en demeurant inférieur d'un tiers au lupin pour la même période :

$$2^{\circ} \qquad \frac{H'_0}{H} = \frac{1,28}{6,42} = 0,19 \qquad \frac{1,28}{5,14} = 0,25.$$

(V). ***Comparaison avec les amides :***

$$1^{\circ} \quad 3\,Az'_0 = 3 \times 0,24 = 0,72, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 6,42 - 0,72 = 5,70 = H''_0.$$

excédant sur celui des amides ;

$$2^{\circ} \qquad 6,42 - 5,14 - 0,72 = 0,56 = H'''_0,$$

restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Il a plus que doublé.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 11,07, \qquad H = 1,37, \qquad Az = 3,48, \qquad O = 5,17.$$

Total : 21,09 pour 100.

Proportion doublée (inférieure d'un tiers au lupin, p. 192).

$$48,89 - 11,07 = 37,82 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6,42 - 1,37 = 5,05 = H_2 \quad »$$
$$41,21 - 5,17 = 36,04 = O_2 \quad »$$
$$\overline{78,91}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{21,09}{78,91} = 0,27.$$

Il a doublé depuis la graine ; il est la moitié du même rapport dans le lupin, à la même période (p. 193).

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,92$$
$$H'_2 = 6,39$$
$$O'_2 = 45,69$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès de H sur celui des hydrates : 0,68; moindre que dans le lupin (1,02, p. 193);

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,99} H^{6,39} O^{2,85}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,60} O^{4,28}.$$

Les principes de cet ordre dans la plante sont plus carbonés et moins oxygénés que dans la graine. Ils ont à peu près la même composition que dans le lupin, à la même période, avec un certain excès d'hydrogène.

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

Principes aromatiques ou suroxygénés notables.

**3° Blé, 15 mai 1893. (Plante totale, en végétation.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,74, \quad H = 6,43, \quad O = 44,69, \quad Az = 2,19.$$

Le carbone et l'azote ont diminué ; l'oxygène a augmenté.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,97} H^{6,43} Az^{0,15} O^{2,79}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,71} Az^{0,22} O^{4,21}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2 O'_0 = 2 \times 2,79 = 5,58, \quad H - 2 O'_0 = 6,43 - 5,58 = 0,85 = H_0,$

excédant sur les hydrates de carbone; il a diminué.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,85}{6,43} = 0,13, \qquad \frac{0,85}{5,58} = 0,15.$$

(V). *Comparaison avec les matières azotées (amides) :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0,15 = 0,45, \qquad H_0 - 3\,Az'_0 = 6,43 - 0,45 = 5,98 = H''_0,$$

excédant sur celui des amides.

2° $$6,43 - 5,58 - 0,45 = 0,40 = H'''_0,$$

restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Il a diminué pendant cette période.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6,96, \qquad H = 0,86, \qquad Az = 2,19, \qquad O = 3,25.$$

Total : 12,21 p. 100.

Proportion diminuée d'un tiers environ.

| | | |
|---|---|---|
| $47,74 - 6,96 = 40,78 = C_2$ | carbone des corps non azotés, | |
| $6,43 - 0,86 = 5,57 = H_2$ | » | » |
| $44,69 - 3,25 = 41,44 = O_2$ | » | » |
| 87,79 | | |

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12,21}{87,79} = 0,14.$$

Il est tombé à moitié pendant cette période.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46,45$$
$$H'_2 = 6,34$$
$$O'_2 = 47,21$$
$$100,00$$

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : 0,44 ; il a diminué de près de moitié pendant cette période.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,87} H^{6,34} O^{2,83}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,83} O^{4,54}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,64.$$

### 4° Blé, 12 juin 1893. (Plante totale.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,97, \quad H = 5,93, \quad O = 44,71, \quad Az = 1,39.$$

La composition a peu changé.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,99} H^{5,93} Az^{0,10} O^{2,80}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{8,91} Az^{0,15} O^{4,20}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2O'_0 = 2 \times 2,80 = 5,60, \quad H - 2O'_0 = 5,93 - 5,60 = 0,37 = H'_0$

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,37}{5,93} = 0,062, \qquad \frac{0,37}{5,60} = 0,065;$$

rapport réduit à moitié.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3Az_0 = 3 \times 0,14 = 0,42, \quad H_0 - 3Az'_0 = 5,93 - 0,42 = 5,51 = H$

excédant sur celui des amides.

2° $$5,93 - 5,51 - 0,42 = 0 = H''_0,$$

restant après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides; il a diminué.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 4,40, \quad H = 0,54, \quad Az = 1,39, \quad O = 2,92.$$

Total : 9,25 pour 100.

Diminution.

$$47,97 - 4,44 = 43,53 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés.}$$
$$5,93 - 0,54 = 5,39 = H_2 \quad \text{»} \quad \text{»}$$
$$44,71 - 2,92 = 41,79 = O_2 \quad \text{»} \quad \text{»}$$
$$\overline{90,71}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{9,25}{90,61} = 10,2.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C_0 = 47,97$$
$$H'_0 = 5,94$$
$$O'_0 = 46,09$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : 0,20.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,00} H^{5,94} O^{2,88}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,81} O^{4,32}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,48.$$

**Blé, 6 juillet 1893. (Plante totale).**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,20, \quad H = 6,50, \quad O = 43,94, \quad Az = 1,36.$$

Plus hydrogéné, moins azoté.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,01} H^{6,50} Az^{0,09} O^{3,74}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,72} Az^{0,13} O^{4,09}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2O_0 = 2 \times 2,74 = 5,48, \quad H - 2O'_0 = 6,50 - 5,48 = 1,02 = H'_0.$

L'hydrogène excédant celui des hydrates de carbone doublé.

2° $\frac{H'_0}{H} = \frac{1,02}{6,50} = 0,15, \quad \frac{1,02}{5,48} = 0,18;$

rapport doublé.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3Az_0 = 3 \times 0,09 = 0,27, \quad H_0 - 3Az'_0 = 6,50 - 0,27 = 6,23 = H'_0,$

excédant sur les amides.

2° $6,50 - 5,48 - 0,27 = 0,75 = H''_0,$

restant après enlèvement de celui des hydrates de carb et des amides : il s'est accru fortement.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés co albuminoïdes :*

$$C = 4,32, \quad H = 0,53, \quad Az = 1,36, \quad O = 2,02.$$

Total : 8,23 pour 100.

Ce total a diminué de moitié.

$48,20 - 2,32 = 43,88 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,50 - 0,53 = 5,97 = H_2$ » »
$43,94 - 2,02 = 41,92 = O_2$ » »

$9^{r},77$

Rapport entre les deux ordres de composés :

$$R = \frac{8,23}{9^{r},77} = 0,09.$$

Il a diminué de moitié.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,81$$
$$H'_2 = 6,50$$
$$O_2 = 45,69$$
$$100,00$$

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : 0,79, notable.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,98}\,H^{6,50}\,O^{2,85}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,80}\,O^{4,29}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,63.$$

Soient maintenant les différentes parties de la plante, à partir de l'époque où elles ont pu être séparées dans les analyses.

### A. — Blé, 14 avril 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 47,14$, $H = 5,71$, $Az = 1,23$, $O = 45,92$.

La dose du carbone est inférieure à la moyenne relative de la plante totale. L'azote est moitié plus faible.

Le carbone est d'ailleurs le même que dans les racines du lupin, pour la même période.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,92} H^{5,71} Az^{0,08} O^{2,87}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{8,73} Az^{0,12} O^{4,39}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2{,}87 = 5{,}74, \quad H - 2\,O'_0 = 5{,}71 - 5{,}74 = -0{,}03 = H'_0$ :

2° $$\frac{H'_0}{H} \text{ nul sensiblement.}$$

D'après ces données, l'hydrogène répond aux hydrates de carbone ; ce qui est d'ailleurs en relation avec la faiblesse de l'azote.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}08 = 0{,}24,$$
$$H_0 - 3\,Az'_0 = 5{,}71 - 0{,}24 = 5{,}47 = H''_0,$$

excédant sur les amides.

2° $$5{,}71 - 5{,}58 - 0{,}24 = -0{,}11 = H'''_0.$$

L'hydrogène ne suffit pas pour les hydrates de carbone et les amides réunis : ce qui semble attester la présence de produits plus oxydés que les hydrates de carbone (à moins que la faible valeur — 0,11 ne réponde à la somme des erreurs d'expérience).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 3{,}91 \qquad H = 0{,}48, \qquad Az = 1{,}23 \qquad O = 1{,}82.$$
Total : 7,44 pour 100.

Proportion inférieure à la plante totale.

$47,14 - 3,91 = 43,23 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$5,71 - 0,48 = 5,23 = H_2$ » »
$45,92 - 1,82 = 44,10 = O_2$ » »
$92,56$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{7,44}{92,56} = 0,08.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46,70$$
$$H'_2 = 5,65$$
$$O'_2 = 47,65$$
$$100,00$$

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : — 0,31. Ce chiffre négatif traduit l'existence de principes suroxydés.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,89} H^{5,65} O^{2,97}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,71} O^{4,57}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,45,$$

ce qui accuse l'existence de principes aromatiques, ou suroxydés. Or l'hydrogène étant en déficit par rapport aux hydrates, c'est la seconde hypothèse qui est réalisée ; au moins pour la fraction principale de l'ensemble de ces principes.

**B. — Blé, 14 avril 1893. (Tiges et Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 47,86$, $H = 6,52$, $Az = 2,28$, $O = 43,34$.

C'est à peu près la moyenne de la plante totale.

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{3,98}\,H^{6,52}\,Az^{0,16}\,O^{2,70}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^{6}\,H^{9,83}\,Az^{0,24}\,O^{4,07}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,70 = 5,40$, $H - 2\,O'_0 = 6,52 - 5,40 = 1,12 = H_0$,

excédant sur celui des hydrates de carbone;

2° $\frac{H'_0}{H} = \frac{1,12}{6,52} = 0,17$, $\frac{1,12}{5,40} = 0,20$,

même remarque.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1° $3\,Az'_0 = 3 \times 0,16 = 0,48$, $H_0 - 3\,Az'_0 = 6,52 - 0,48 = 6,04 = H'_0$

excédant sur celui des amides;

2° $6,52 - 5,40 - 0,48 = 0,64 = H''_0$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides; il est très notable.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$C = 7,25$, $H = 0,89$, $Az = 2,28$, $O = 3,38$.
Total : 13,80 pour 100.

$47,86 - 7,25 = 40,61 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,52 - 0,89 = 5,63 = H_2$ » »
$43,34 - 3,38 = 39,96 = O_2$ » »

86,20

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{13,80}{86,20} = 0,16.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{aligned} C'_2 &= 47{,}11 \\ H'_2 &= 6{,}53 \\ O'_2 &= 46{,}36 \\ \hline & \phantom{=} 100{,}00 \end{aligned}$$

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : 0,63.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,92}\, H^{6,53}\, O^{2,89}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{9,99}\, O^{4,42}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}41.$$

Ce qui accuse l'existence de principes aromatiques ou suroxydés : l'hydrogène étant en excès sur les hydrates, c'est la première relation qui prédomine.

### A. — Blé, 12 juin 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 47{,}44$ ; $H = 6{,}13$ ; $Az = 1{,}03$ ; $O = 45{,}40$.

L'azote est faible, comme précédemment. La composition est à peu près la même.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,95}\, H^{6,13}\, Az^{0,07}\, O^{2,83}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6\, H^{9,31}\, Az^{0,10}\, O^{4,29}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2{,}83 = 5{,}66$ ; $H - 2\,O'_0 = 6{,}13 - 5{,}66 = 0{,}47 = H_0$,

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0{,}47}{6{,}13} = 0{,}076 ; \qquad \frac{0{,}47}{5{,}66} = 0{,}083 ;$$

. Ce rapport est faible.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1° $3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}07 = 0{,}21$ ; $H_0 - 3\,Az'_0 = 6{,}13 - 0{,}21 = 5{,}92 = H'_0$,

excédant sur celui des amides.

2° $$6{,}13 - 5{,}66 - 0{,}21 = 0{,}26 = H'''_0$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides ; proportion faible.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 3{,}28 ; \quad H = 0{,}40 ; \quad Az = 1{,}03 ; \quad O = 1{,}53.$$

Total : 6,24 pour 100.

Proportion faible.

$47{,}44 - 3{,}28 = 44{,}16 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6{,}13 - 0{,}40 = 5{,}73 = H_2$ »
$45{,}40 - 1{,}53 = 43{,}87 = O'_2$ »

93,76

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{6{,}24}{93{,}76} = 0{,}066.$$

(VII). *Composition des principes non azotés* :

1° En centièmes :

$C'_2 = 47{,}09$
$H'_2 = 6{,}11$
$O'_2 = 46{,}80$

100,00

2° Excès de H sur celui des hydrates de carbone : ',025 ; faible.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,92} H^{6,11} O^{2,92}.$$

4° Rapports à $C^6$ :

$$C^6 H^{9,35} O^{4,47}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,56.$$

Existence de principes aromatiques, ou suroxygénés.

### B. — Blé, 12 juin 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,67; \quad H = 5,60; \quad Az = 2,84\,(?) \quad O = 43,89.$$

L'hydrogène a baissé : ce qui accuse une oxydation plus profonde (ou plutôt une répartition plus exacte des éléments entre les diverses régions de la plante).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,97} H^{5,60} Az^{0,20}\,?\, O^{2,74}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{8,46} Az^{0,30}\,?\, O^{4,14}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O'_0 = 2 \times 2,74 = 5,48; \qquad H - 2\,O_0 = 5,60 - 5,48 = 0,12 = H'_0,$$

excédant sur celui des hydrates de carbone. Faible.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,12}{5,60} = 0,021\,; \qquad \frac{0,12}{5,48} = 0,022.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

L'azote étant douteux, cette comparaison ne sera pas donnée.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

Même observation.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

N'a pu être calculée avec certitude.

**C. — Blé, 12 juin 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,91; \quad H = 6,63; \quad Az = 1,51; \quad O = 41,95.$$

L'hydrogène l'emporte sur celui de la tige. L'azote est moindre, ainsi que l'oxygène.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,07} H^{6,63} Az^{0,10} O^{2,68}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,77} Az^{0,14} O^{3,96}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,68 = 5,36; \quad H - 2\,O'_0 = 6,63 - 5,36 = 1,27 = H'_0,$

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,27}{6,63} = 0,19; \quad \frac{1,27}{5,36} = 0,23.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3\,Az'_0 = 3 \times 0,10 = 0,30; \quad H - 3\,Az'_0 = 6,63 - 0,30 = 6,33 = H''_0,$

excédant sur celui des amides.

2° $$6,63 - 5,36 - 0,30 = 0,97 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 4{,}80; \quad H = 0{,}59; \quad Az = 1{,}51; \quad O = 2{,}24.$$

Total : 9,14 pour 100.

$48{,}91 - 4{,}80 = 44{,}11 = C_2$ : carbone des composés non azotés.
$6{,}63 - 0{,}59 = 6{,}04 = H_2$ »
$42{,}95 - 2{,}24 = 40{,}71 = O_2$ »

90,86

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{9{,}14}{90{,}86} = 0{,}10.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$C'_2 = 48{,}54$
$H'_2 = 6{,}65$
$O'_2 = 44{,}81$

100,00

2° Excès H sur celui des hydrates de carbone : 1,05.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,04} H^{6,65} O^{2,80}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,87} O^{4,16},$$

5°

$$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}60.$$

## D. — Blé, 12 juin 1893. (Épis.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48{,}20; \quad H = 6{,}37; \quad Az = 1{,}99; \quad O = 43{,}44$$

Azote plus fort que dans les feuilles.

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4,01} H^{6,37} Az^{0,14} O^{2,71}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^{6} H^{9,53} Az^{0,20} O^{4,06},$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1° $2O'_0 = 2 \times 2,71 = 5,42$; $H - 2O'_0 = 6,37 - 5,42 = 0,95 = H'_0$,

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $\frac{H'_0}{H} = \frac{0,95}{6,37} = 0,15$; $\frac{0,95}{5,42} = 0,18$.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1° $3Az_0 = 3 \times 0,14 = 0,42$; $H - 3Az'_0 = 6,37 - 0,42 = 5,95 = H''_0$,

excédant sur celui des amides.

2° $6,37 - 5,42 - 0,42 = 0,53 = H'''_0$,

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

C = 6,33 ; H = 0,78 ; Az = 1,99 ; O = 2,95.
Total : 12,05 pour 100.

$48,20 - 6,33 = 41,87 = C_2$ : carbone des composés non azotés.
$6,37 - 0,78 = 5,59 = H_2$ »
$43,44 - 2,95 = 40,49 = O_2$ »
87,95

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12,05}{87,95} = 0,13.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$
\begin{aligned}
C'_2 &= 47,60\\
H'_2 &= 6,35\\
O'_2 &= 46,05\\
\hline
& 100,00
\end{aligned}
$$

2° Excès H sur celui des hydrates de carbone : 0,59

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,96}H^{6,35}O^{2,87}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6H^{9,62}O^{4,34}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

**A. — Blé, 6 juillet 1893. (Racines.)**

(I). *Proportion pondérale :*

$$C = 48,08, \quad H = 6,03, \quad Az = 0,67, \quad O = 45,22;$$

l'azote a baissé encore.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,00}H^{6,08}Az^{0,04}O^{2,82}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^6H^{9,12}Az^{0,06}O^{4,23}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2O'_0 = 2 \times 2,82 = 5,64;$$
$$H - 2O'_0 = 6,08 - 5,64 = 0,44 = H'_0,$$

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,44}{6,08} = 0,072; \qquad \frac{0,44}{5,64} = 0,078,$$

presque nul.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1°

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,04 = 0,12\,;$$
$$H_0 - 3\,Az'_0 = 6,08 - 0,12 = 5,96 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°

$$6,08 - 5,64 - 0,12 = 0,36 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 2,13, \quad H = 0,26, \quad Az = 0,67, \quad O = 0,99,$$

**Total : 4,05 pour 100 ; minime.**

$48,08 - 2,13 = 45,95 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,03 - 0,26 = 5,77 = H_2$ »
$45,22 - 0,99 = 44,23 = O_2$ »

95,95

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{4,05}{95,95} = 0,042.$$

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,88$$
$$H'_2 = 6,01$$
$$O'_2 = 46,11$$

100,00

2° Excès H sur celui des hydrates de carbone : 0,25.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,99}\,H^{6,01}\,O^{2,88}.$$

4° Rapports à $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,03}\,O^{4,33}.$$

5°

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

### B. — Blé, 6 juillet 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale :*

$$C = 48,08, \quad H = 6,88, \quad Az = 0,77, \quad O = 44,27,$$

l'azote a baissé.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,00} H^{6,88} Az^{0,05} O^{2,76}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{10,32} Az^{0,075} O^{4,14}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2O'_0 = 2 \times 2,76 = 5,52;$$
$$H - 2O'_0 = 6,88 - 5,52 = 1,36 = H'_0,$$

excédant sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,36}{6,88} = 0,19; \qquad \frac{1,36}{5,52} = 0,25.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3Az'_0 = 3 \times 0,05 = 0,15;$$
$$H - 3Az'_0 = 6,88 - 0,15 = 6,73 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

2°
$$6,88 - 5,52 - 0,15 = 1,21 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates et des amides.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 2,45, \quad H = 0,30, \quad Az = 0,77, \quad O = 1,14.$$

Total : 4,66 pour 100.

$48,08 - 2,45 = 45,63 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,88 - 0,30 = 6,58 = H_2$ »
$44,27 - 1,14 = 43,13 = O_2$ »

$$95,34$$

Rapport entre les deux genres de composés:

$$R = \frac{4,66}{95,34} = 0,048.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,86$$
$$H'_2 = 6,90$$
$$O'_2 = 45,24$$
$$100,00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carb(
$H = 1,25$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,98}H^{6,90}O^{2,82}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6H^{10,40}O^{4,25}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1.7.$$

**C. — Blé, 6 juillet 1893. (Feuilles**

(I). *Proportion pondérale :*

$C = 50,18$, $H = 5,71$, $Az = 1,41$, $O = 42,70$;

les feuilles sont plus riches en carbone.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,18}H^{5,71}Az^{0,10}O^{2,67}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6H^{8,19}Az^{0,24}O^{3,85}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone:*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,67 = 5,34;$$
$$H - 2\,O'_0 = 5,71 - 5,34 = 0,37 = H_0;$$

excès sur l'hydrogène des hydrates de carbone.

$$\frac{H_0}{H} = \frac{0,37}{5,71} = 0,065; \qquad \frac{0,37}{5,34} = 0,069.$$

(V). *Comparaison avec les amides:*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0,10 = 0,30;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 5,71 - 0,30 = 5,41 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

2° $$5,71 - 5,34 - 0,30 = 0,07 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes:*

$$C = 4,48, \quad H = 0,55, \quad Az = 1,41, \quad O = 2,09.$$
Total : 8,53 pour 100.

$50,18 - 4,48 = 45,70 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$5,71 - 0,55 = 5,16 = H_2$ »
$42,70 - 2,09 = 40,61 = O_2$ »

91,47

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{8,53}{91,47} = 0,09.$$

(VII). *Composition des principes non azotés:*

1° En centièmes :

| | |
|---|---|
| C = | 49,96 |
| H = | 5,64 |
| O = | 44,40 |
| | 100,00 |

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carb $H = 0,14$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,16} H^{5,64} O^{2,77}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,13} O^{3,99}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,33.$$

**D. — Blé, 6 juillet 1893. (Épis.)**

(I). *Proportion pondérale :*

$$C = 47,54, \quad H = 6,48, \quad Az = 2,17, \quad O = 43,81.$$

(II) *Rapports atomiques :*

$$C^{3,96} H^{6,48} Az^{0,15} O^{2,73}.$$

(III). *Rapport à 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,81} Az^{0,22} O^{4,13}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O_0' = 2 \times 2,73 = 5,46;$$
$$H - 2\,O_0'' = 6,48 - 5,46 = 1,02 = H_0',$$

excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H_0'}{H} = \frac{1,02}{6,48} = 0,15; \qquad \frac{1,02}{5,46} = 0,18.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az_0' = 3 \times 0,15 = 0,45;$$
$$H - 3\,Az_0' = 6,48 - 0,45 = 6,03 = H_0'',$$

excès de l'hydrogène sur celui des amides.

2° $$6,48 - 5,46 - 0,45 = 0,57 = H_0''',$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone
les.

*ıparaison avec les principes azotés, calculés comme*
*s :*

= 6,90, H = 0,85, Az = 2,17, O = 3,22.
Total : 13,14 pour 100.

6,90 = 40,64 = $C_2$ carbone des composés non azotés.
0,85 = 5,63 = $H_2$ »
3,22 = 40,59 = $O_2$ »

86,86

des deux genres de composés :

$$R = \frac{13,14}{86,86} = 0,15.$$

*·mposition des principes non azotés :*
ntièmes :

$C'_2 =$ 46,79
$H'_2 =$ 6,48
$O'_2 =$ 46,73

100,00

de l'hydrogène sur celui des hydrates de car-

.

ɔrts atomiques :

$$C^{3,89} H^{6,48} O^{2,92}.$$

ırts calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,99} O^{4,50}.$$

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,66.$$

---

rvations générales relatives aux variations succes-
ıids du blé et de celui de ses matières, tant orga-
minérales, depuis la graine mise en terre jusqu'à

la fructification, ont été présentées à la page 255. Elles sont parallèles à celles auxquelles la végétation du lupin donne lieu. Au début, le poids de la graine change peu ; mais il y a absorption considérable de matières minérales, prises au sol.

Le poids de la plante croît rapidement pendant la période suivante (frondaison), et plus encore lors de la formation des épis (début de la période de reproduction). Pendant la frondaison, la racine (sèche) constitue le neuvième du poids total, comme pour le lupin. Au début de l'épiage, sa proportion relative a également baissé (7 centièmes au lieu de 9 dans le lupin).

Le poids absolu de la plante diminue également, pendant que la fructification s'accomplit.

Quant aux comparaisons plus spéciales, elles ont été présentées à mesure.

En somme, la marche générale de la végétation a été similaire dans les deux plantes étudiées.

---

## QUATRIÈME PARTIE

### Végétation de la luzerne.

(I). D'une part, on a analysé une luzerne développée par ensemencement :

1° Graine ;

2° Jeunes pousses après deux mois, en bloc ;

3° Plante après quarante-huit jours, séparée en racines, tiges et feuilles ;

4° La même, deux mois plus tard. Le développement avait été entravé par la sécheresse et les fleurs étaient trop peu abondantes pour comporter une étude séparée.

(II). D'autre part et parallèlement, on a analysé une luzerne reproduite des racines de l'année précédente, à trois périodes similaires. Dans la dernière période, malgré l'influence défavorable de la sécheresse, on a pu isoler une certaine proportion de fleurs et de fruits.

## (I). — LUZERNE NOUVELLE.

**Graines de luzerne de 1892. (1 graine moyenne, analysée au printemps 1893.)**

| | 1 graine | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | humide. | sèche. | | | | |
| Poids absolu... | 0gr,0072 | 0gr,0066 | 0gr,0002 | » | 0gr,0064 | » |
| En centièmes... | » | » | » | 3,06 | » | 96,94 |

**Luzerne nouvelle (jeune plante, semée le 10 avril 1893, recueillie le 15 mai). (1 pied moyen.)**

| | 1 pied | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | humide. | sec. | | | | |
| Poids absolu.... | 0gr,1046 | 0gr,0217 | 0gr,0030 | » | 0gr,0187 | » |
| En centièmes... | » | » | » | 14,15 | » | 85,85 |

## Luzerne nouvelle, 29 mai 1893 (1 pied moyen).

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,2335 | 0,0805 | » | 0,0033 | » | 0,0772 | » |
| | En centièmes | » | » | 28,0 | » | 4,14 | » | 95,86 |
| Tiges | Poids absolu | 0,3555 | 0,0937 | » | 0,0068 | » | 0,0859 | » |
| | En centièmes | » | » | 32,3 | » | 7,43 | » | 92,57 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,4500 | 0,1141 | » | 0,0140 | » | 0,1001 | » |
| | En centièmes | » | » | 39,7 | » | 12,33 | » | 87,68 |
| Plante totale | Poids absolu | 1,0390 | 0,2873 | » | 0,0241 | » | 0,2632 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 8,39 | » | 91,61 |

## Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893.

[(Cette luzerne s'est mal développée, à cause de la sécheresse. On a laissé les quelques fleurs qu'elle portait sur les tiges) 1 pied moyen.]

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,3714 | 0,1571 | » | 0,0070 | » | 0,1501 | » |
| | En centièmes | » | » | 44,6 | » | 4,51 | » | 95,49 |
| Tiges | Poids absolu | 0,3188 | 0,0976 | » | 0,0079 | » | 0,0897 | » |
| | En centièmes | » | » | 27,7 | » | 8,11 | » | 91,89 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,3514 | 0,0976 | » | 0,0133 | » | 0,0843 | » |
| | En centième | » | » | 27,7 | » | 13,67 | » | 86,33 |
| Plante totale | Poids absolu | 1,0416 | 0,3523 | » | 0,0282 | » | 0,3241 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 8,00 | » | 91,99 |

D'après ces nombres, le poids de la graine sèche a triplé ns le premier mois qui a suivi l'ensemencement ; dans les ix semaines suivantes, il était devenu treize fois aussi grand à la fin de la première période. Il y a eu alors un arrêt de dévepement, en raison de la sécheresse ; le poids ne s'étant accru d'un quart pendant les deux mois d'été. Ces variations ·ésentent principalement celles de la matière organique. n effet le poids des cendres (matières minérales) est bien faible et il a varié suivant des proportions bien différentes. s le premier cas, il est devenu d'abord 16 fois aussi grand pour la graine. Après quinze jours, 8 fois aussi considée qu'à la fin du premier mois ; ensuite il s'est accru ement d'un sixième.

a proportion relative des différentes parties de la plante été déterminée que pendant la période finale. Il est arquable que l'accroissement a porté surtout sur la racine, s'élève à près de moitié du poids de la plante finale ; la n'ayant pour ainsi dire pas varié et la partie foliacée nt plutôt diminué, par le fait de la floraison. Il y a là des onstances spéciales au développement de la luzerne et qui s ont engagé à étudier comparativement la même plante, ı plus à partir des racines demeurées en terre depuis ınée précédente (*voir* plus loin, p. 313).

La proportion relative des cendres, dans chaque partie de plante, a peu changé ; circonstance remarquable, elles ıt maximum dans la feuille, minimum dans la racine.

*Proportion pondérale des éléments.*

**Graines de luzerne (composition élémentaire d'une graine sèche, après 7 mois de conservation).**

| | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Poids absolu | 0,0032 | » | 0,0004 | » | 0,0003 | » | 0,0022 | » |
| En centièmes | » | 49,66 | » | 7,17 | » | 5,59 | » | 34,52 |
| *Id.* Cendres déduites | » | 51,23 | » | 7,39 | » | 5,76 | » | 35,62 |

Les cendres renferment, entre autres composés :

| | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Poids absolu | 0gr,00005 | » | 0gr,000003 | » | 0gr,00003 | » |
| En centièmes | » | 0,75 | » | 0,05 | » | 0,57 |

**Luzerne nouvelle, 15 mai (jeunes plantes, 1 pied sec moyen).**

| | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Poids absolu | 0,0090 | » | 0,0012 | » | 0,0007 | » | 0,0076 | » |
| En centièmes | » | 41,77 | » | 5,57 | » | 3,39 | » | 35,12 |
| *Id.* Cendres déduites | » | 48,67 | » | 6,49 | » | 3,95 | » | 40,89 |

Les cendres renferment, entre autres composés :

Acide

Potasse

**Luzerne nouvelle, 29 mai (Éléments organiques, 1 pied sec moyen).**

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines.... | Poids absolu.... ........ | 0,0364 | » | 0,0050 | » | 0,0015 | » | 0,0340 | » |
| | En centièmes........... | » | 45,28 | » | 6,26 | » | 1,98 | » | 42,34 |
| | *Id.* Cendres déduites..... | » | 47,23 | » | 6,53 | » | 2,06 | » | 44,18 |
| Tiges...... | Poids absolu...... ..... | 0,0418 | » | 0,0053 | » | 0,0016 | » | 0,0369 | » |
| | En centièmes........... | » | 45,11 | » | 5,79 | » | 1,77 | » | 39,90 |
| | *Id.* Cendres déduites..... | » | 48,74 | » | 6,26 | » | 1,90 | » | 43,10 |
| Feuilles ... | Poids absolu............ | 0,0497 | » | 0,0066 | » | 0,0049 | » | 0,0385 | » |
| | En centièmes........... | » | 43,64 | » | 5,87 | » | 4,36 | » | 33,81 |
| | *Id.* Cendres déduites... . | » | 49,78 | » | 6,70 | » | 4,97 | » | 38,55 |
| Total...... | Poids absolu............ | 0,1279 | » | 0,0169 | » | 0,0080 | » | 0,1094 | » |
| | En centièmes........... | » | 44,51 | » | 5,89 | » | 2,79 | » | 38,08 |
| | *Id.* Cendres déduites..... | » | 48,59 | » | 6,42 | » | 3,03 | » | 41,96 |

Matières minérales, entre autres :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines.. | Poids absolu...... | 0,0004 | » | 0,0003 | » | 0,0012 | » |
| | En centièmes..... | » | 0,50 | » | 0,41 | » | 1,53 |
| Tiges.... | Poids absolu...... | 0,0003 | » | 0,0015 | » | 0,0028 | » |
| | En centièmes.. .. | » | 0,37 | » | 1,68 | » | 3,07 |
| Feuilles.. | Poids absolu...... | 0,0007 | » | 0,0058 | » | 0,0025 | » |
| | En centièmes. ... | » | 0,62 | » | 5,12 | » | 2,24 |
| Total.... | Poids absolu.... . | 0,0014 | » | 0,0076 | » | 0,0065 | » |
| | En centièmes..... | » | 0,49 | » | 2,64 | » | 2,26 |

**Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893 (Éléments organiques, 1 pied sec moyen).**

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,0713 | » | 0,0097 | » | 0,0034 | » | 0,0657 | » |
| | En centièmes | » | 45,44 | » | 6,20 | » | 2,15 | » | 41,82 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 47,59 | » | 6,50 | » | 2,25 | » | 43,77 |
| Tiges | Poids absolu | 0,0427 | » | 0,0057 | » | 0,0019 | » | 0,0394 | » |
| | En centièmes | » | 43,81 | » | 5,87 | » | 1,95 | » | 40,36 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 47,68 | » | 6,39 | » | 2,12 | » | 43,92 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0420 | » | 0,0056 | » | 0,0042 | » | 0,0325 | » |
| | En centièmes | » | 43,05 | » | 5,78 | » | 4,33 | » | 33,29 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 49,87 | » | 6,78 | » | 5,01 | » | 38,55 |
| Total | Poids absolu | 0,1560 | » | 0,0210 | » | 0,0095 | » | 0,1376 | » |
| | En centièmes | » | 44,28 | » | 5,96 | » | 2,69 | » | 39,06 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 48,13 | » | 6,48 | » | 2,93 | » | 42,46 |

Les cendres renferment, entre autres :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,0010 | » | 0,0008 | » | 0,0016 | » |
| | En centièmes | » | 0,66 | » | 0,51 | » | 1,05 |
| Tiges | Poids absolu | 0,0006 | » | 0,0018 | » | 0,0021 | » |
| | En centièmes | » | 0,64 | » | 1,86 | » | 2,18 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0006 | » | 0,0049 | » | 0,0023 | » |
| | En centièmes | » | 0,64 | » | 5,04 | » | 2,44 |
| Total | Poids absolu | 0,0022 | » | 0,0075 | » | 0,0060 | » |
| | En centièmes | » | 0,62 | » | 2,12 | » | » |

Examinons les proportions relatives des divers éléments, d'abord dans la plante totale, puis dans ses différentes parties.

### Graines de luzerne, 1893.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 51,23; \quad H = 7,39; \quad Az = 5,76; \quad O = 35,62,$$

rapports fort voisins de ceux de la graine de lupin.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,26}\, H^{7,39}\, Az^{0,41}\, O^{2,22}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\, H^{10,41}\, Az^{0,57}\, O^{3,12}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2,22 = 4,44;$$
$$H - 2\,O'_0 = 7,39 - 4,44 = 2,95 = H_0,$$

excès total de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2,95}{7,39} = 0,39; \qquad \frac{2,95}{4,44} = 0,66,$$

excès sur l'hydrogène constitutif des hydrates de carbone, soit les deux tiers.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,41 = 1,23,$$
$$H_0 - 3\,Az'_0 = 7,39 - 1,23 = 6,16 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

2°
$$7,39 - 4,44 - 1,23 = 1,72 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates de carbone

et des amides. Cette valeur considérable répond aux corps gras et aux résines.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 18,32; \quad H = 2,26; \quad Az = 5,76; \quad O = 8,55.$$

Total : 34,89 pour 100.

La proportion est du tiers.

$51,23 - 18,32 = 32,91 = C_2$ carbone des principes non azotés.
$7,39 - 2,26 = 5,13 = H_2$ »
$35,62 - 8,55 = 27,07 = O_2$ »

65,11

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{34,89}{65,11} = 0,53,$$

proportion presque égale.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 50,54$$
$$H'_2 = 7,87$$
$$O'_2 = 41,59$$

100,00

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone : 2,6.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,21}\,H^{7,87}\,O^{2,59}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{11,21}\,O^{3,69}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,9.$$

: rapport est voisin de la série grasse : ce qui accuse, non imidon, mais les corps gras proprement dits, en raison de excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone.

**Luzerne nouvelle, 15 mai 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,67; \quad H = 6,49; \quad Az = 3,95; \quad O = 40,89.$$

'azote a diminué d'un tiers ; le carbone de 2,5 centièmes ; oxygène s'est accru de 5,3 centièmes.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,05}\, H^{6,49}\, Az^{0,28}\, O^{5,55}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\, H^{9,61}\, Az^{0,41}\, O^{3,77}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,55 = 5,10;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,49 - 5,10 = 1,39 = H'_0,$$

cès total de l'hydrogène sur celui des hydrates de carne.

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,39}{6,49} = 0,21; \qquad \frac{1,39}{5,10} = 0,27.$$

xcès sur l'hydrogène des hydrates de carbone a diminué.

(V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,28 = 0,84;$$
$$H - 3\,Az'_0 - 6,49 - 0,84 = 5,65 = H''_0,$$

xcédant sur celui des amides.

$$6,49 - 5,10 - 0,84 = 0,55 = H''_0,$$

estant, après enlèvement des hydrates de carbone et des

amides. Il est réduit au tiers de sa valeur précédente (gr
ce qui accuse la disparition des corps gras et des
azotés.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés c*
*albuminoïdes :*

$$C = 12,50; \quad H = 1,55; \quad Az = 3,95; \quad O = 5,85$$

Total : 23,86 pour 100.

La proportion de ces principes a diminué d'un tiers.

$$48,67 - 12,50 = 36,17 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6,49 - 1,55 = 4,94 = H_2 \quad »$$
$$40,89 - 5,86 = 36,03 = O_2 \quad »$$
$$76,14$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{23,86}{76,14} = 0,31.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,50$$
$$H'_2 = 6,49$$
$$O'_2 = 46,01$$
$$100.00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de
bone : 1,24.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,95} H^{6,49} O^{2,87}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,86} O^{4,36}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

Les corps gras ont disparu en grande partie.

**Luzerne nouvelle, 29 mai 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48{,}59;\quad H = 6{,}42;\quad Az = 3{,}03;\quad O = 41{,}96;$$

l'azote continue à baisser; le carbone et l'hydrogène sont restés invariables.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,04}\,H^{6,42}\,Az^{0,21}\,O^{2,62}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{9,53}\,Az^{0,31}\,O^{3,89}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}62 = 5{,}24;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}42 - 5{,}24 = 1{,}18 = H'_0,$$

excès total sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1{,}18}{6{,}42} = 0{,}18;\qquad \frac{1{,}18}{5{,}24} = 0{,}22;$$

ce rapport a peu varié.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}21 = 0{,}63;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}42 - 0{,}63 = 5{,}79 = H''_0,$$

hydrogène excédant sur celui des amides.

2°
$$6{,}42 - 5{,}24 - 0{,}63 = 0{,}55 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Proportion demeurée la même.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$C = 9{,}64$; $H = 1{,}19$; $Az = 3{,}03$; $O = 4{,}49$.
Total : 18,35 pour 100.

Ils ont diminué comme proportion relative.

$48{,}59 - 9{,}64 = 38{,}95 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6{,}42 - 1{,}19 = 5{,}23 = H_2$ »
$41{,}96 - 4{,}49 = 37{,}47 = O_2$ »
81,65

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{18{,}35}{81{,}65} = 22{,}5.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$C'_2 = 47{,}70$
$H'_2 = 6{,}40$
$O'_2 = 45{,}90$
100,00

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone, 0,66 : réduit à moitié.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,97}\,H^{6,40}\,O^{2,86}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,67}\,O^{4,32}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}6.$$

**Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,13; \quad H = 6,48; \quad Az = 2,93; \quad O = 42,46.$$

Presque la même, sauf un excès de 0,5 centième d'oxygène.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,01} H^{6,48} Az^{0,20} O^{2,65}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,69} Az^{0,29} O^{3,96}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2 O_0' = 2 \times 2,65 = 5,30;$$
$$H - 2 O_0' = 6,48 - 5,30 = 1,18 = H_0'.$$

L'excès total de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone est resté le même (comme proportion centésimale).

2°
$$\frac{H_0'}{H} = \frac{1,18}{6,48} = 0,18; \qquad \frac{1,18}{5,30} = 0,22.$$

Les mêmes rapports.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3 Az_0' = 3 \times 0,20 = 0,60;$$
$$H - 3 Az_0' = 6,48 - 0,60 = 5,88 = H_0'',$$

excès relatif sur l'hydrogène des amides.

2°
$$6,48 - 5,30 - 0,60 = 0,58 = H_0''',$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Même rapport.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés albuminoïdes :*

$$C = 9{,}92 ; \quad H = 1{,}15 ; \quad Az = 2{,}93 ; \quad O = 4{,}35 ;$$
Total : 17,75 pour 100.

Mêmes rapports.

$$48{,}13 - 9{,}32 = 38{,}81 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés}$$
$$6{,}48 - 1{,}15 = 5{,}33 = H_2 \quad \text{»}$$
$$42{,}46 - 4{,}35 = 38{,}11 = O_2 \quad \text{»}$$
$$82{,}25$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{17{,}75}{82{,}25} = 21{,}6.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C = 47{,}18$$
$$H = 6{,}48$$
$$O = 46{,}34$$
$$100{,}00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates c bone : 0,7.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,93} H^{6,48} O^{2,89}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,89} O^{4,41}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}6.$$

Soient maintenant les différentes parties de la à partir de l'époque où elles ont pu être isolées.

**Luzerne nouvelle, 29 mai 1893. (Racines.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,23; \quad H = 6,53; \quad Az = 2,06; \quad O = 44,18.$$

Le carbone et l'azote sont moindres que dans la plante totale, l'écart étant d'un tiers pour l'azote. Il y a, par contre, 2 centièmes d'oxygène en plus.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,93} H^{6,53} Az^{0,14} O^{2,76}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,97} Az^{0,21} O^{4,21}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2 O'_0 = 2 \times 2,76 = 5,52;$$
$$H - 2 O'_0 = 6,53 - 5,52 = 1,01 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,01}{6,53} = 0,15; \quad \frac{1,01}{5,52} = 0,18.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3 Az'_0 = 3 \times 0,14 = 0,42;$$
$$H - 3 Az'_0 = 6,53 - 0,42 = 6,11 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,53 - 5,52 - 0,42 = 0,59 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Cet excès accuse la présence de produits plus hydrogénés. Le chiffre actuel est voisin du rapport fourni par la plante totale (p. 299).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 5{,}55\,;\quad H = 0{,}81\,;\quad Az = 2{,}06\,;\quad O = 3{,}05\,;$$
Total : 12,47 pour 100.

Proportion relative inférieure d'un tiers à la plante totale.

$$47{,}23 - 6{,}55 = 40{,}68 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}53 - 3{,}81 = 5{,}72 = H_2 \quad \text{»}$$
$$44{,}18 - 3{,}05 = 31{,}13 = O_2 \quad \text{»}$$
$$87{,}53$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12{,}47}{87{,}53} = 0{,}14.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46{,}47$$
$$H'_2 = 6{,}42$$
$$O'_2 = 47{,}11$$
$$100{,}00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone: 0,53.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,87}H^{6,42}O^{2,94}.$$

4° Rapport calculé pour $C^6$ :

$$C^6H^{9,95}O^{4,56}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}66.$$

Ceci accuse la formation de principes aromatiques, ou suroxygénés.

**Luzerne nouvelle, 29 mai 1893. (Tiges.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,74; \quad H = 6,26; \quad Az = 1,90; \quad O = 43,10.$$

La proportion relative du carbone est égale à celle de la plante totale; l'azote, inférieur d'un tiers, et même moindre que dans la racine. Oxygène intermédiaire.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,06} H^{6,26} Az^{0,13} O^{2,69}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,25} Az^{0,19} O^{3,97}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2 O_0' = 2 \times 2,69 = 5,38;$$
$$H - 2 O' = 6,26 - 5,38 = 0,88 = H_0',$$

excès sur celui des hydrates de carbone, comme dans la racine.

2°
$$\frac{H_0'}{H} = \frac{0,88}{6,26} = 0,14; \quad \frac{0,88}{5,38} = 0,16.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3 Az_0' = 3 \times 0,13 = 0,39$$
$$H - 3 Az_0' = 6,26 - 0,39 = 5,87 = H_0'',$$

excès sur les amides ;

2°
$$6,26 - 5,38 - 0,39 = 0,49 = H_0''',$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides ; proportion relative un peu inférieure aux racines, mais toujours voisine de la plante totale.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comı albuminoïdes :*

$$C = 6{,}04;\quad H = 0{,}74;\quad Az = 1{,}90;\quad O = 2{,}82.$$

**Total: 11,50 pour 100.**

$$48{,}74 - 6{,}04 = 42{,}70 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}26 - 0{,}74 = 5{,}52 = H_2 \quad \text{»}$$
$$43{,}10 - 2{,}82 = 40{,}28 = O_2 \quad \text{»}$$
$$88{,}50$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{11{,}50}{88{,}50} = 0{,}13.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C_2' = 48{,}24$$
$$H_2' = 6{,}23$$
$$O_2' = 45{,}53$$
$$100{,}00$$

2° Excès H : 0,5.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,02}\,H^{6,23}\,O^{2,84}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,29}\,O^{4,23}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}56.$$

Les principes oxydés sont maximum dans la tige.

**Luzerne nouvelle, 29 mai 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49{,}78;\quad H = 6{,}70;\quad Az = 4{,}97;\quad O = 38{,}55.$$

Carbone et azote, en proportion relative plus forte que dans la plante totale. L'excès sur l'azote s'élève aux deux tiers. Par suite, l'oxygène est en proportion moindre de trois centièmes

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,14} H^{6,70} Az^{0,35} O^{2,40}.$$

(III). *Rapports calculés pour* $C^6$ :

$$C^6 H^{9,71} Az^{0,50} O^{3,47}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2 O'_0 = 2 \times 2,40 = 4,80$; $H - 2 O'_0 = 6,70 - 4,80 = 1,90 = H'_0$,

excès sur celui des hydrates de carbone.

Cet excès est double de la racine et de la tige.

2° $\frac{H'_0}{H} = \frac{1,90}{6,70} = 0,28$; $\frac{1,90}{4,80} = 0,39$.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3 Az'_0 = 3 \times 0,35 = 1,05$; $H - 3 Az'_0 = 6,70 - 1,05 = 5,65 = H''_0$,

excès sur celui des amides.

2° $6,70 - 4,80 - 1,05 = 0,85 = H'''_0$,

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Proportion supérieure de moitié à la plante totale; les principes à excès d'hydrogène existant surtout dans les feuilles.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$C = 15,81$; $H = 1,95$; $Az = 4,97$; $O = 7,38$.
Total: 30,11 pour 100.

$49,78 - 15,81 = 33,97 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,70 - 1,95 = 4,75 = H_2$ »
$38,55 - 7,38 = 31,17 = O_2$ »
69,89

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{30,11}{69,89} = 0,43.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

| | |
|---|---|
| C = | 48,60 |
| H = | 6,79 |
| O = | 44,61 |
| | 100,00 |

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone : 1,0.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,05} H^{6,79} O^{2,79}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6, H^{10,06}, O^{4,13}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,7.$$

Les principes suroxydés sont minimum dans les feuilles.

**Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893. (Racines.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,59; \quad H = 6,50; \quad Az = 2,25; \quad O = 43,66.$$

Un peu moins de carbone, comme proportion relative ; un quart de moins d'azote que dans la plante totale ; un centième d'oxygène en plus. Ces différences sont faibles.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,96} H^{6,50} Az^{0,16} O^{2,72}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,84} Az^{0,09} O^{4,12}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}72 = 5{,}44\,;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}50 - 5{,}44 = 1{,}06 = H'_0,$$

excès sur les hydrates de carbone ; à peu près comme dans la plante totale.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1{,}06}{6{,}50} = 0{,}16\,; \qquad \frac{1{,}06}{5{,}44} = 0{,}19.$$

De même.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}46 = 1{,}38\,;$$
$$H - 3\,Az_0 = 6{,}50 - 1{,}38 = 5{,}12 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6{,}50 - 5{,}44 - 1{,}38 = -0{,}32 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après élimination des hydrates de carbone et des amides. La valeur calculée est négative : ce qui traduit l'existence de corps suroxygénés, et constitue une différence notable, par rapport à la plante totale.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 7{,}15\,; \qquad H = 0{,}88\,; \qquad Az = 2{,}25\,; \qquad O = 3{,}34.$$

Total : 16,32 pour 100.

Dose inférieure d'un tiers à la plante totale.

$$47{,}59 - 7{,}15 = 40{,}44 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}50 - 0{,}88 = 5{,}62 = H_2 \quad \text{»}$$
$$43{,}66 - 3{,}34 = 40{,}32 = O_2 \quad \text{»}$$

86,38

Rapport entre les deux genres de composés :

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46,81$$
$$H_2 = 6,50$$
$$O'_2 = 46,69$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone : 0,7.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,90} H^{6,50} O^{2,91}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{10,00} O^{4,47}.$$

5° $$\frac{H_2}{C_2} = 1,42.$$

La faiblesse de ce rapport traduit à la fois l'existence des composés suroxygénés, ou aromatiques, et leur prépondérance dans la racine.

### Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 47,68$; $H = 6,39$; $Az = 2,12$; $O = 43,81$.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,97} H^{6,39} Az^{0,45} O^{2,73}.$$

Mêmes valeurs que dans la racine.

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,65} Az^{0,67} O^{4,12}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}73 = 5{,}46;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}39 - 5{,}46 = 0{,}93 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0{,}93}{6{,}39} = 0{,}14; \qquad \frac{0{,}93}{5{,}46} = 0{,}17.$$

Valeurs voisines de la tige.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}45 = 1{,}35;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}39 - 1{,}35 = 5{,}04 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6{,}39 - 5{,}46 - 1{,}35 = -0{,}42 = H'''_0.$$

Cette valeur négative montre l'existence de principes suroxygénés, comme dans la racine.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6{,}74; \quad H = 0{,}83; \quad Az = 2{,}12; \quad O = 3{,}14.$$

Total : 12,83 pour 100.

A peu près comme la racine.

$$47{,}68 - 6{,}74 = 40{,}94 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}39 - 0{,}83 = 5{,}56 = H_2 \quad \text{»}$$
$$43{,}81 - 3{,}14 = 40{,}67 = O_2 \quad \text{»}$$
$$87{,}17$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12{,}83}{87{,}17} = 0{,}14.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46{,}96$$
$$H'_2 = 6{,}38$$
$$O'_2 = 46{,}66$$
$$100{,}00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone : 0,6.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,91}\,H^{6,38}\,O^{2,91}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,79}\,O^{4,46}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,61.$$

Ce rapport est plus élevé que dans la racine.

**Luzerne nouvelle, 31 juillet 1893. (Feuilles)**

(I). ***Proportion pondérale des éléments :***

$$C = 49,87; \qquad H = 6,78; \qquad Az = 5,01; \qquad O = 38,34.$$

Beaucoup plus d'azote que dans les autres parties ; 2 centièmes de carbone de plus ; 5 centièmes d'oxygène en moins. Écarts énormes.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,15}\,H^{6,78}\,Az^{0,35}\,O^{2,39}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6\,H^{9,80}\,Az^{0,50}\,O^{3,45}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O'_0 = 2 \times 2,39 = 4,78;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,78 - 4,78 = 2,00 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Double des autres parties.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{2,00}{6,78} = 0,29; \qquad \frac{2,00}{4,78} = 0,41.$$

Double également.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}35 = 1{,}05;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}78 - 1{,}05 = 5{,}73 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°

$$6{,}78 - 4{,}78 - 1{,}05 = 0{,}95 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Dose considérable, répondant à l'accumulation des principes hydrogénés.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 15{,}94; \quad H = 1{,}97; \quad Az = 5{,}01; \quad O = 7{,}43.$$

Total : 30,35 pour 100.

La proportion des principes azotés est devenue deux fois et demie aussi considérable.

$49{,}87 - 15{,}94 = 33{,}93 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6{,}78 - 1{,}97 = 4{,}81 = H_2$ »
$98{,}34 - 7{,}43 = 30{,}91 = O_2$ »

69,65

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{30{,}35}{69{,}65} = 0{,}43.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48{,}71$$
$$H'_2 = 6{,}92$$
$$O'_2 = 44{,}37$$

100,00

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de car-

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,05} H^{6,92} O^{2,77}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{10,25} O^{4,10}.$$

5° $$\frac{H_8}{C_8} = 1,7.$$

L'élévation de ce rapport traduit la prépondérance des composés hydrogénés.

### (II). — Luzerne ancienne.

Examinons maintenant le développement d'une luzerne qui ne vient pas de graines, mais qui se reforme aux dépens des racines, demeurées en terre l'année précédente. Les échantillons ont été prélevés aux mêmes époques que ceux de la luzerne nouvelle.

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | | Cendres. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 17,08 | 5,98 | » | 0,3629 | » | 5,6171 | » |
| | En centièmes | » | » | 66,8 | » | 6,07 | » | 93,93 |
| Tiges et feuilles | Poids absolu | 13,84 | 2,97 | » | 0,2459 | » | 2,7241 | » |
| | En centièmes | » | » | 33,2 | » | 8,28 | » | 91,72 |
| Total | Poids absolu | 30,92 | 8,95 | » | 0,6088 | » | 8,3412 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 6,80 | » | 93,18 |

### Luzerne ancienne, 7 juin 1893.

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | | Cendres. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 24,8500 | 9,0006 | » | 0,3654 | » | 8,6352 | » |
| | En centièmes | » | » | 40,4 | » | 4,06 | » | 95,94 |
| Tiges | Poids absolu | 23,7666 | 7,5197 | » | 0,4489 | » | 7,0708 | » |
| | En centièmes | » | » | 33,6 | » | 5,97 | » | 94,03 |
| Feuilles | Poids absolu | 19,7666 | 5,7935 | » | 1,0463 | » | 4,7492 | » |
| | En centièmes | » | » | 26,0 | » | 18,06 | » | 81,94 |
| Total | Poids absolu | 68,3832 | 22,3138 | » | 1,8606 | » | 20,4552 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 8,33 | » | 91,67 |

**Luzerne ancienne, 29 juillet 1893.** Cette luzerne a beaucoup souffert de la sécheresse, la partie inférieure de plusieurs pieds est desséchée. La floraison et la fructification se font irrégulièrement.

| | | 1 pied humide. | 1 pied sec. | | Cendres. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 45,40 | 19,7717 | » | 1,1269 | » | 18,6448 | » |
| | En centièmes | » | » | 41,7 | » | 5,70 | » | 94,30 |
| Tiges | Poids absolu | 43,60 | 17,4748 | » | 1,2704 | » | 16,2044 | » |
| | En centièmes | » | » | 36,8 | » | 7,27 | » | 92,73 |
| Feuilles | Poids absolu | 20,42 | 7,0796 | » | 0,9741 | » | 6,1055 | » |
| | En centièmes | » | » | 14,8 | » | 13,76 | » | 86,24 |
| Fleurs et fruits | Poids absolu | 12,50 | 3,1600 | » | 0,2379 | » | 2,9221 | » |
| | En centièmes | » | » | 6,7 | » | 7,53 | » | 92,47 |
| Plante totale | Poids absolu | 121,92 | 47,4861 | » | 3,6093 | » | 43,8768 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 7,64 | » | 92,39 |

Le poids de la plante sèche a sextuplé. Il a crû à peu près proportionnellement au temps, c'est-à-dire moins vite que pour la plante ensemencée ; il y a eu de même un certain ralentissement, attribuable à la sécheresse, dans la période finale.

Le poids relatif des cendres, en juin, est à peu près le même que pour la plante ensemencée, en mai. Même proportion dans les racines, mais accumulation plus grande dans les feuilles. Il y a également peu de différence pour l'état final, à la fin de juillet, pour les mêmes portions de la plante.

Tout ceci tend à prouver que le développement de la luzerne vivace s'est fait, à partir d'un certain moment, suivant les mêmes règles que celui de la luzerne ensemencée l'année même. Il n'y a d'écart notable qu'au début. Entrons dans les détails.

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 2,6575 | » | 0,3653 | » | 0,0795 | » | 2,5145 | » |
| | En centièmes | » | 44,44 | » | 6,11 | » | 1,33 | » | 42,05 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,31 | » | 6,50 | » | 1,42 | » | 44,77 |
| Tiges et feuilles. | Poids absolu | 1,3341 | » | 0,1799 | » | 0,0882 | » | 1,1238 | » |
| | En centièmes | » | 44,92 | » | 5,99 | » | 2,97 | » | 37,84 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 48,98 | » | 6,51 | » | 3,24 | » | 41,27 |
| Total | Poids absolu | 3,9916 | » | 0,5432 | » | 0,1677 | » | 3,6383 | » |
| | En centièmes | » | 44,59 | » | 6,17 | » | 1,87 | » | 40,65 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,86 | » | 6,51 | » | 2,01 | » | 43,62 |

Les cendres renferment, entre autres :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines | Poids absolu | 0,0376 | » | 0,0693 | » | 0,0717 | » |
| | En centièmes | » | 0,63 | » | 1,16 | » | 1,20 |
| Tiges et feuilles. | Poids absolu | 0,0576 | » | 0,0781 | » | 0,0686 | » |
| | En centièmes | » | 1,94 | » | 2,63 | » | 2,31 |
| Total | Poids absolu | 0,0952 | » | 0,1474 | » | 0,1403 | » |
| | En centièmes | » | 1,06 | » | 1,64 | » | 1,56 |

**Luzerne ancienne, 7 juin 1893. — Éléments organiques (1 pied sec moyen).**

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Racines | Poids absolu | gr. 4,1339 | » | gr 0,5454 | » | gr. 0,1755 | » | gr. 3,7804 | » |
| | En centièmes | » | 45,93 | » | 6,06 | » | 1,95 | » | 42,00 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,87 | » | 6,32 | » | 2,03 | » | 43,78 |
| Tiges | Poids absolu | 3,3628 | » | 0,4436 | » | 0,1361 | » | 3,1283 | » |
| | En centièmes | » | 44,72 | » | 5,90 | » | 1,81 | » | 41,60 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,56 | » | 6,28 | » | 1,92 | » | 44,24 |
| Feuilles | Poids absolu | 2,4564 | » | 0,2160 | » | 0,2103 | » | 1,8665 | » |
| | En centièmes | » | 40,24 | » | 5,63 | » | 3,63 | » | 32,21 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 49,11 | » | 6,87 | » | 4,18 | » | 39,30 |
| Plante totale | Poids absolu | 9,9531 | » | 1,2050 | » | 0,5219 | » | 8,7732 | » |
| | En centièmes | » | 44,60 | » | 5,40 | » | 2,33 | » | 39,32 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 48,65 | » | 5,89 | » | 2,56 | » | 42,90 |

Les cendres renferment, entre autres :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Racines | Poids absolu | gr. 0,0558 | » | gr. 0,0756 | » | gr. 0,0585 | » |
| | En centièmes | » | 0,62 | » | 0,84 | » | 0,65 |
| Tiges | Poids absolu | 0,0436 | » | 0,1842 | » | 0,0729 | » |
| | En centièmes | » | 0,58 | » | 2,45 | » | 0,97 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0399 | » | 0,4634 | » | 0,0533 | » |
| | En centièmes | » | 0,19 | » | 8,00 | » | 0,92 |
| Plante totale | Poids absolu | 0,1393 | » | 0,7232 | » | 0,1847 | » |
| | En centièmes | » | 0,62 | » | 3,24 | » | 0,82 |

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines.. | Poids absolu... .. ..... | 9,1246 | » | 1,1487 | » | 0,4448 | » | 7,9264 | » |
| | En centièmes...... .. . | » | 46,15 | » | 5,81 | » | 2,25 | » | 40,09 |
| | *Id.* Cendres déduites.... | » | 48,94 | » | 6,17 | » | 2,39 | » | 42,50 |
| Tiges.... | Poids absolu........... | 7,5613 | » | 1,0764 | » | 0,2865 | » | 7,2800 | » |
| | En centièmes..... .... . | » | 43,27 | » | 6,16 | » | 1,64 | » | 41,66 |
| | *Id.* Cendres déduites... | » | 46,67 | » | 6,64 | » | 1,77 | » | 44,92 |
| Feuilles.. | Poids absolu........... | 2,9451 | « | 0,4219 | » | 0,2817 | » | 2,4566 | » |
| | En centièmes.......... | » | 41,60 | » | 5,96 | » | 3,98 | » | 34,70 |
| | *Id.* Cendres déduites,... | » | 48,25 | » | 6,91 | » | 4,60 | » | 40,24 |
| Fleurs et fruits.. | Poids absolu..... ...... | 1,4589 | » | 0,1914 | » | 0,1203 | » | 1,1511 | » |
| | En centièmes.......... | » | 46,17 | » | 6,06 | » | 3,81 | » | 36,43 |
| | *Id.* Cendres déduites.... | » | 49,93 | » | 6,55 | » | 4,12 | » | 39,49 |
| Plante totale.. | Poids absolu........... | 21,0899 | » | 2,8384 | » | 1,1333 | » | 18,8141 | » |
| | En centièmes.......... | » | 44,41 | » | 5,97 | » | 2,38 | » | 39,62 |
| | *Id.* Cendres déduites.... | » | 48,06 | » | 6,47 | » | 2,58 | » | 42,80 |

Les cendres renferment entre autres pour un pied sec :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Racines. | Poids absolu. | 0,1384 | » | 0,1660 | » | 0,0949 | » |
| | En centièmes. | » | 0,70 | » | 0,84 | » | 0,48 |
| Tiges... | Poids absolu. | 0,0856 | » | 0,3355 | » | 0,1328 | » |
| | En centièmes. | » | 0,49 | » | 1,92 | » | 0,76 |
| Feuilles. | Poids absolu. | 0,0502 | » | 0,4807 | » | 0,0892 | » |
| | En centièmes. | » | 0,71 | » | 6,79 | » | 1,26 |
| Fleurs et fruits. | Poids absolu. | 0,0353 | » | 0,0613 | » | 0,0625 | » |
| | En centièmes. | » | 1,12 | » | 1,94 | » | 1,98 |
| Plante totale. | Poids absolu. | 0,3095 | » | 1,0435 | » | 0,3794 | » |
| | En centièmes. | » | 0,64 | » | 2,19 | » | 0,79 |

Examinons les proportions relatives des éléments, d'abord dans la plante totale, puis dans ses parties séparées.

**Luzerne ancienne, 18 avril 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,86; \quad H = 6,51; \quad Az = 2,01; \quad O = 43,62.$$

Moins de carbone et surtout moins d'azote, mais plus d'oxygène que dans la luzerne nouvelle, au 29 mai (p. 299). Ceci annonce un degré de développement plus avancé.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,48} H^{6,51} Az^{0,14} O^{2,72}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,81} Az^{0,21} O^{4,70}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,72 = 5,44$ ; $H - 2\,O'_0 = 6,51 - 5,44 = 1,07 = H'_0$,

xcès total sur celui des hydrates de carbone. Il est à peu
rès le même (p. 299).

o $$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,07}{6,51} = 0,16; \qquad \frac{1,07}{5,44} = 0,19.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0,14 = 0,42; \qquad H - 3\,Az'_0 = 6,51 - 0,42 = 6,09 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,51 - 5,44 - 0,42 = 0,65 = H'''_0;$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Il est à peu près le même (p. 299).

(VI). *Comparaison avec les albuminoïdes :*

$$C = 6,39; \qquad H = 0,78; \qquad Az = 2,01; \qquad O = 2,98.$$

Total : 12,16 pour 100.

Un tiers en moins (p. 300).

$47,86 - 6,39 = 41,47 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,51 - 0,78 = 5,73 = H_2$ »
$43,62 - 2,98 = 40,64 = O_2$ »
87,84

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12,16}{87,84} = 0,137.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$C'_2 = 47,21$
$H'_2 = 6,52$
$O'_2 = 46,27$
100,00

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carone : 0,7. A peu près le même (p. 300).

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,92}\,H^{6,52}\,O^{2,88}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,98}\,O^{4,40}.$$

5° $$\frac{H_2}{C_2} = 1,65.$$

Même valeur (p. 300).

**Luzerne ancienne, 7 juin 1893. (Plante totale.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,65; \quad H = 5,89; \quad O = 42,90; \quad Az = 2,56.$$

Les mêmes sensiblement que la plante nouvelle, au 29 l'hydrogène et l'azote ont un peu baissé (p. 299).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,05}\,H^{5,89}\,Az^{0,18}\,O^{2,68}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6\,H^{8,72}\,Az^{0,26}\,O^{3,97}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,68 = 5,36; \quad H - 2\,O'_0 = 5,89 - 5,36 = 0,53 = H$

excès sur celui des hydrates. Il est moitié moindre (p.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,53}{5,89} = 0,089; \qquad \frac{0,53}{5,36} = 0,098.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3\,Az'_0 = 3 \times 0,18 = 0,54; \quad H - 3\,Az'_0 = 5,89 - 0,54 = 5,35 = H$

excès sur celui des amides.

2° $$5,89 - 5,36 - 0,54 = 0 = H''_0,$$

l'hydrogène restant après enlèvement des amides et des hydrates de carbone est nul ; tandis que dans la plante nouvelle (p. 299) il restait 0,55. Ceci accuse l'absence de principes aromatiques ou suroxydés.

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 8,14; \quad H = 1,00; \quad Az = 2,56; \quad O = 3,80.$$

Total : 15,50 pour 100.

Même proportion à peu près (au lieu de 18).

$$48,65 - 8,14 = 40,51 = C_2 \text{ carbone des corps non azotés,}$$
$$3,82 - 1,00 = 4,89 = H_2 \quad »$$
$$42,90 - 3,80 = 39,10 = O_2 \quad »$$
$$\overline{84,50}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{15,5}{84,5} = 18,4.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,94$$
$$H'_2 = 5,78$$
$$O'_2 = 46,28$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone, sensiblement nul.

3° Rapports anatomiques :

$$C^{3,99} H^{5,78} O^{2,89}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,69} O^{4,34}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,45 .$$

Oxydation plus avancée.

**Luzerne ancienne, 29 juillet 1893. (Plante totale.)**

Cette luzerne a beaucoup souffert de la sécheresse; partie inférieure de plusieurs pieds est desséchée; la florai et la fructification ont eu lieu irrégulièrement.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,06; \quad H = 6,47; \quad Az = 2,58; \quad O = 42,89.$$

Semblable à la luzerne nouvelle le 31 juillet (p. 301).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,00}\, H^{6,47}\, Az^{0,18}\, O^{2,68}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\, H^{9,70}\, Az^{0,27}\, O^{4,02}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2\,O'_0 = 2 \times 2,68 = 5,36; \quad H - 2\,O'_0 = 6,47 - 5,36 = 1,11 = H'_0,$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,11}{6,47} = 0,17; \quad \frac{1,11}{5,36} = 0,20;$$

le même (p. 301).

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $3\,Az'_0 = 9 \times 0,18 = 0,54; \quad H - 3\,Az'_0 = 6,47 - 0,54 = 5,93 = H''_0,$

excès sur celui des amides.

2° $$6,47 - 5,36 - 0,54 = 0,57 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Le même (p. 301).

(VI). *Comparaison avec les principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 8,20; \quad H = 1,01; \quad Az = 2,58; \quad O = 3,83.$$

Total : 15,62 pour 100.

Proportion demeurée très voisine (au lieu de 17,7).

$$\begin{array}{ll} 48{,}06 - 8{,}20 = 39{,}86 = C_2 & \text{carbone des corps non azotés,} \\ 6{,}47 - 1{,}01 = 5{,}46 = H_2 & \text{»} \\ 42{,}89 - 3{,}81 = 39{,}06 = O_2 & \text{»} \\ \overline{84{,}38} & \end{array}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{15{,}62}{83{,}38} = 18{,}6.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{l} C'_2 = 47{,}24 \\ H'_2 = 6{,}47 \\ O'_2 = 46{,}29 \\ \overline{100{,}00} \end{array}$$

2° Excès H : 0,7.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,93} H^{6,47} O^{2,89}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,87} O^{4,41}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}64.$$

Les rapports sont les mêmes que pour la luzerne nouvelle à la même époque (p. 302) ; ce qui est d'autant plus remarquable que la période précédente avait présenté un écrit marqué.

### A. — Luzerne ancienne, 18 avril 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47{,}31 ; \quad H = 6{,}50 ; \quad Az = 1{,}42 ; \quad O = 44{,}77.$$

Peu différent de la luzerne nouvelle au 29 mai (p. 303),

c'est-à-dire à un degré de développement similaire. L
est moindre d'un tiers environ.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,94} H^{6,50} Az^{0,10} O^{2,79}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,89} Az^{0,15} O^{4,25}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2 O_0' = 2 \times 2,79 = 5,58;$$
$$H - 2 O_0' = 6,50 - 5,58 = 0,92 = H_0',$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H_0'}{H} = \frac{0,92}{6,50} = 0,14; \qquad \frac{0,92}{5,58} = 0,16.$$

Mêmes valeurs que pour la luzerne nouvelle (p. 303).

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3 Az_0' = 3 \times 0,10 = 0,30;$$
$$H - 3 Az_0' = 6,50 - 0,30 = 6,20 = H_0''$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,50 - 5,58 - 0,30 = 0,62 = H_0'''$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone e
amides. Même valeur (p. 303).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés c*
*albuminoïdes :*

$$C = 4,51; \quad H = 0,56; \quad Az = 1,42; \quad O = 2,10.$$

Total : 8,59 pour 100 (au lieu de 12,5).

$47,31 - 4,51 = 42,80 = C_2$ carbone des corps non azotés.
$6,50 - 0,56 = 5,94 = H_2$ »
$44,77 - 2,10 = 42,67 = O_2$ »

91,41

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{8,59}{91,41} = 0,093.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{rl} C'_2 = & 46,82 \\ H'_2 = & 6,49 \\ O'_2 = & 46,69 \\ \hline & 100,00 \end{array}$$

2° Excès H : 0,65.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,90} H^{6,49} O^{2,91}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,98} O^{4,47}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,56.$$

**B. — Luzerne ancienne, 18 avril 1893. (Tiges et feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,98; \quad H = 6,51; \quad Az = 3,24; \quad O = 41,27.$$

Mêmes valeurs, si l'on ajoute ensemble les tiges et les feuilles de la luzerne nouvelle, le 29 mai (p. 305-307).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,08} A^{6,51} Az^{0,23} O^{2,57}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{5,57} A^{0,33} O^{3,78}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2,57 = 5,14;$$
$$H - 2\,O_0 = 6,51 - 5,14 = 1,37 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,37}{6,51} = 0,21; \qquad \frac{1,37}{5,14} = 0,26.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,23 = 0,69;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,51 - 0,69 = 5,82 = 5,82 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,51 - 5,14 - 0,69 = 0,68 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone amides.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés albuminoïdes :*

$$C = 10,30; \quad H = 1,27; \quad Az = 3,24; \quad O = 4,81.$$

Total : 19,62 pour 100.

$$48,98 - 10,30 = 38,68 = C_2$$ carbone des composés non azo
$$6,51 - 1,27 = 5,24 = H_2$$ »
$$41,27 - 4,81 = 36,46 = O_2$$ »

80,38

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{19,62}{80,38} = 0,24.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48,12$$
$$H' = 6,51$$
$$O'_2 = 45,37$$

100,00

2° Excès H : 0,8.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,01} H^{6,31} O^{2,83}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,74} O^{4,23}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,63.$$

### A. — Luzerne ancienne, 7 juin 1893. (Racines.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,87; \quad H = 6,32; \quad Az = 2,03; \quad O = 43,78.$$

Semblable à la luzerne nouvelle, au 29 mai (p. 303).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,98} H^{6,32} Az^{0,14} O^{2,73}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,53} Az^{0,21} O^{4,11}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O_0 = 2 \times 2,73 = 5,46;$$
$$H - 2\,O_0' = 6,32 - 5,46 = 0,86 = H_0',$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

$$\frac{H_0'}{H} = \frac{0,86}{6,32} = 0,13; \qquad \frac{0,86}{5,46} = 0,14.$$

Même observation, l'excès étant un peu plus faible.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az_0' = 3 \times 0,14 = 0,42;$$
$$H - 3\,Az_0 = 6,32 - 0,52 = 5,90 = H_0'',$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,32 - 5,46 - 0,42 = 0,44 = H_0'',$$

après enlèvement des hydrates de carbone et des ai
Plus faible d'un quart (p. 303).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comm minoïdes :*

$$C = 6,45; \quad H = 0,79; \quad Az = 2,03; \quad O = 3,01.$$

Total : 12,28 pour 100.

Le même.

$$47,87 - 6,45 = 41,42 = C_2 \text{ carbone des composés non azoté}$$
$$6,32 - 0,79 = 5,53 = H_2 \quad »$$
$$43,78 - 3,01 = 40,77 = O_2 \quad »$$
$$87,72$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12,28}{87,72} = 0,14.$$

Le même.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C_2 = 47,22$$
$$H_2' = 6,30$$
$$O_2' = 46,48$$
$$100,00$$

2° Excès H : 0,51.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,93} H^{6,30} O^{2,90}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,61} O^{4,42}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

**B. — Luzerne ancienne, 7 juin 1893. (Tiges.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 47,56; \quad H = 6,28; \quad Az = 1,92; \quad O = 44,24.$$

Valeurs analogues à la luzerne nouvelle, sauf un peu moins de carbone (p. 305).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,96} H^{6,28} Az^{0,13} O^{2,76}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,51} Az^{0,19} O^{4,18}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2,76 = 5,52\,;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,28 - 5,52 = 0,76 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,76}{6,28} = 0,12\,; \qquad \frac{0,76}{5,52} = 0,13.$$

Rapports semblables (p. 305).

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,13 = 0,39\,;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,28 - 0,39 = 5,89 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,28 - 5,52 - 0,39 = 0,37 = H'''_0,$$

hydrogène restant après enlèvement des hydrates de carbone et des amides (au lieu de 0,49).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6,10\,; \quad H = 0,75\,; \quad Az = 1,92\,; \quad O = 2,84.$$

Total : 11,61 pour 100.

Même valeur (p. 306).

$47,56 - 6,10 = 41,46 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,28 - 0,75 = 5,53 = H_2$ »
$44,24 - 2,84 = 41,40 = O_2$ »

88,39

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{11,61}{88,39} = 0,13.$$

Même valeur (p. 306).

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{aligned} C_2^1 &= 46,90 \\ H_2 &= \ \ 6,25 \\ O_2^1 &= 46,85 \\ \hline & \ \ 100,00 \end{aligned}$$

2° Excès d'hydrogène sur les hydrates de carbone : 0,4.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,90} H^{6,25} O^{2,92}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,61} O^{4,49}.$$

5°
$$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

**C. — Luzerne ancienne, 7 juin 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49,11; \quad H = 6,87; \quad Az = 4,18; \quad O = 39,84.$$

Même composition à peu près que pour la luzerne récente (p. 306).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,09} H^{6,87} Az^{0,29} O^{2,49}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{10,08} Az^{0,42} O^{3,65}$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O' = 2{,}49 = 4{,}98\,;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}87 - 4{,}98 = 1{,}89 = H_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1{,}89}{6{,}87} = 0{,}27\,; \qquad \frac{1{,}89}{4{,}98} = 0{,}38.$$

Même remarque (p. 307).

(V). *Comparaison avec les amides:*

1°
$$3\,Az_, = 3 \times 0{,}29 = 0{,}87\,;$$
$$H - 3\,Az_0 = 6{,}87 - 0{,}87 = 6{,}00 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6{,}87 - 4{,}98 - 0{,}87 = 1{,}02 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates et des amides. Composition voisine (p. 307).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 13{,}30\,; \quad H = 1{,}64\,; \quad Az = 4{,}18\,; \quad O = 6{,}20.$$

Total : 25,32 pour 100 (au lieu de 30,1).

$$49{,}11 - 13{,}50 = 35{,}81 = C_2$$ carbone des composés non azotés.
$$6{,}87 - 1{,}64 = 5{,}23 = H_2$$ »
$$39{,}84 - 6{,}20 = 33{,}64 = O_2$$ »

74,08

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{25{,}32}{74{,}68} = 0{,}33 \text{ (au lieu de } 0{,}43).$$

(VII). *Composition des principes non azotés:*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47{,}95$$
$$H'_2 = 7{,}00$$
$$O'_2 = 45{,}05$$

100,00

2° Excès H : 1,2, valeur considérable et analogue.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,99}\,H^{7,00}\,O^{2,81}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^{6}\,H^{10,52}\,O^{4,22}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,76.$$

**A. — Luzerne ancienne, 29 juillet 1893. (Racines.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,94\,; \qquad H = 6,17\,; \qquad Az = 2,39\,; \qquad O = 42,50.$$

Plus riche en carbone que la plante nouvelle, à la m
époque (p. 308).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,07}\,H^{6,17}\,Az^{0,17}\,O^{2,65}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{9,09}\,Az^{0,24}\,O^{3,90}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O'_0 = 2 \times 2,65 = 5,30,$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,17 - 5,30 = 0,87 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,87}{6,17} = 0,14\,; \qquad \frac{0,87}{5,30} = 0,16.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0,17 = 0,51,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,17 - 0,51 = 5,66 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,17 - 5,30 - 0,51 = 0,36 = H'''_0,$$

hydrogène restant, après enlèvement de celui des hydr

de carbone et des amides. Ce nombre est positif; ce qui répond à une oxydation moins avancée que pour la luzerne nouvelle (*voir* p. 309).

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 7{,}60 ; \quad H = 0{,}94 ; \quad Az = 2{,}39 ; \quad O = 3{,}55.$$

Total : 14,48 pour 100

au lieu de 16,3.

$$\begin{array}{l} 48{,}94 - 7{,}70 = 41{,}34 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.} \\ 6{,}17 - 0{,}94 = 5{,}23 = H_2 \quad \text{»} \\ 42{,}50 - 3{,}55 = 38{,}95 = O_2 \quad \text{»} \\ \hline \quad\quad 85{,}52 \end{array}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{14{,}48}{85{,}52} = 0{,}17.$$

Même valeur sensiblement (p. 309).

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{rr} C'_2 = & 48{,}33 \\ H'_2 = & 6{,}11 \\ O'_2 = & 45{,}56 \\ \hline & 100{,}00 \end{array}$$

2° Excès d'hydrogène par rapport aux hydrates de carbone $= 0{,}4$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,0}\, H^{6,11}\, O^{2,86}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\, H^{9,11}\, O^{4,26}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}52.$$

**B. — Luzerne ancienne, 29 juillet 1893. (Tiges.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 46{,}67; \quad H = 6{,}64; \quad Az = 1{,}77; \quad O = 44{,}92.$$

Moins carbonée ; moins azotée que la plante nouvelle même époque (p. 310).

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,88}\,H^{6,64}\,Az^{0,12}\,O^{2,80}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{10,27}\,Az^{0,18}\,O^{4,33}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}80 = 5{,}60,$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}64 - 5{,}60 = 1{,}04 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1{,}04}{6{,}64} = 0{,}15; \qquad \frac{1{,}04}{5{,}60} = 0{,}18.$$

Même valeur (p. 311).

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}12 = 0{,}36,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}64 - 0{,}36 = 6{,}28 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6{,}64 - 5{,}60 - 0{,}36 = 0{,}68 = H_0$$

hydrogène restant, après enlèvement des hydrates de carb et des amides.

Au contraire, dans la luzerne nouvelle, il y a un ex d'oxygène (p. 311).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes:*

$$C = 5,63; \quad H = 0,69; \quad Az = 1,77; \quad O = 2,62$$
Total : 10,71 pour 100.

au lieu de 12,8 (p. 311).

$$46,67 - 5,63 = 41,04 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés,}$$
$$6,64 - 0,69 = 5,95 = H_2 \quad »$$
$$44,92 - 2,62 = 42,30 = O_2 \quad »$$
$$89,29$$

Rapport entre les deux genres de principes :

$$R = \frac{10,71}{89,29} = 0,12.$$

(VII). *Composition des principes non azotés.*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 45,96$$
$$H'_2 = 6,66$$
$$O'_2 = 47,38$$
$$100,00$$

2° Excès de l'hydrogène sur celui des hydrates de carbone = 0,7.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,83} H^{6,66} O^{2,98}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{10,43} O^{4,67}.$$

5°
$$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

**C. — Luzerne ancienne, 29 juillet 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,25; \quad H = 6,91; \quad Az = 4,60: \quad O = 40,24.$$

Plus pauvre en carbone que la luzerne nouvelle (p. 312).

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4,02} H^{6,91} Az^{0,32} O^{2,51}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^{6} H^{10,31} Az^{0,47} O^{3,76}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1°
$$2 O'_0 = 2 \times 2,51 = 5,02,$$
$$H - 2 O'_0 = 6,91 - 5,02 = 1,89 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H_0}{H} = \frac{1,89}{6,91} = 0,27; \qquad \frac{1,89}{5,02} = 0,37.$$

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1°
$$3 Az'_0 = 3 \times 0,32 = 0,96,$$
$$H - 3 Az''_0 = 6,91 - 0,96 = 5,95 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,91 - 5,02 - 0,96 = 0,93 = H'''_0$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 14,63; \quad H = 1,81, \quad Az = 4,60; \quad O = 6,83.$$
Total : 27,87 pour 100.

$$48,25 - 14,63 = 33,62 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés,}$$
$$6,91 - 1,81 = 5,10 = H_2 \quad \text{»}$$
$$40,24 - 6,83 = 33,41 = O_2 \quad \text{»}$$
$$72,13$$

Rapports entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{27,87}{72,13} = 0,38.$$

(VII). *Comparaison des principes non azotés.*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 46,61$$
$$H'_2 = 7,07$$
$$O''_2 = 46,32$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès H = 1,3.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,88} H^{7,07} O^{2,89}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{10,93} O^{4,47}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,82.$$

Cette partie de la plante ancienne est encore plus hydrogénée que dans la plante nouvelle (p. 314).

**D. — Luzerne ancienne, 29 juillet 1893. (Fleurs et fruits.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

C = 49,93 ; H = 6,55 ; Az = 4,12 ; O = 39,40.

Comparable aux feuilles.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,16} H^{6,55} Az^{0,29} O^{2,46}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,44} Az^{0,41} O^{3,54}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $2O_0' = 2 \times 2,46 = 4,92$, $H - 2O_0' = 6,55 - 4,92 = 1,63 = H_0'$,

excès sur celui des hydrates de carbone.

2° $$\frac{H_0'}{H} = \frac{1,63}{6,55} = 0,26 ; \quad \frac{1,63}{4,92} = 0,33.$$

De même.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1° $3 Az'_0 = 3 \times 0,29 = 0,87, \quad H - 3 Az'_0 = 6,55 - 0,87 = 5,68 = H'_0.$

excès sur celui des amides.

2° $$6,55 - 4,92 - 0,87 = 0,76 = H''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides.

Cet excès est plus considérable que dans les feuilles : ce qui est remarquable.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 13,10; \quad H = 1,62; \quad Az = 4,12; \quad O = 6,11.$$
Total : 24,95 pour 100.

$49,93 - 13,10 = 36,83 = C_2$ carbone des composés non azotés,
$6,55 - 1,62 = 4,93 = H_2$ »
$39,40 - 6,11 = 33,29 = O_2$ »
75,05

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{24,95}{75,05} = 0,33.$$

(VII). ***Composition des principes non azotés :***

1° En centièmes :

$C'_2 = 49,07$
$H'_2 = 6,57$
$O'_2 = 44,36$
100,00

2° Excès H = 1,0

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,09} H^{6,57} O^{2,77}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,63} O^{4,06}.$$

$$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

Pour la discussion générale de ces résultats, *voir* p. 250, 257 et 287.

---

CINQUIÈME PARTIE

## Végétation du Robinia pseudo-acacia.

Nous avons cru utile de comparer aux plantes annuelles un arbre proprement dit. Mais la comparaison, cette fois, ne pouvait guère porter sur l'arbre tout entier. Nous avons dû nous restreindre aux jeunes pousses de l'année, suivies jusqu'à la fructification. La comparaison n'en fournit pas moins des résultats intéressants.

### 1° Robinia PSEUDO-ACACIA, 14 avril 1893. (Jeunes pousses de l'année, 7 à 8cm de longueur.)

| | Matière sèche. | Eau. | Cendres de la matière sèche. | Matière organique. |
|---|---|---|---|---|
| Pousses entières.... | 22,37 | 77,63 | 6,96 | 93,04 |
| | 100,0 | | 100,0 | |

### 2° Robinia, 27 avril 1893. (Floraison.)

| | | Une pousse humide. | Une pousse sèche. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,2940 | 0,0684 | » | 0,0045 | » | 0,0638 | » |
| | En centièmes | » | » | 10,1 | » | 6,69 | » | 93,31 |
| Feuilles | Poids absolu | 1,7553 | 0,4309 | » | 0,0264 | » | 0,4054 | » |
| | En centièmes | » | » | 63,9 | » | 6,14 | » | 93,86 |
| Fleurs | Poids absolu | 1,2150 | 0,1756 | » | 0,0092 | » | 0,1663 | » |
| | En centièmes | » | » | 26,0 | » | 5,24 | » | 94,76 |
| Pousse totale | Poids absolu | 3,2643 | 0,6749 | » | 0,0401 | » | 0,6355 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 5,94 | » | 94,16 |

### 3° Robinia, 29 mai 1893. (Commencement de fructification.)

| | | Une pousse humide. | Une pousse sèche. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,3315 | 0,1218 | » | 0,0061 | » | 0,1156 | » |
| | En centièmes | » | » | 3,9 | » | 5,01 | » | 94,99 |
| Feuilles | Poid absolu | 5,0315 | 1,6981 | » | 0,0967 | » | 1,6013 | » |
| | En centièmes | » | » | 82,0 | » | 5,70 | » | 94,30 |
| Fruits | Poids absolu | 0,8640 | 0,2522 | » | 0,0156 | » | 0,2365 | » |
| | En centièmes | » | » | 12,1 | » | 6,21 | » | 93,79 |
| Pousse totale | Poids absolu | 6,2270 | 2,0711 | » | 0,1184 | » | 1,9534 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 5,71 | » | 94,27 |

| | | Une pousse humide. | Une pousse sèche. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,2870 | 0,1331 | » | 0,0068 | » | 0,1262 | » |
| | En centièmes | » | » | 4,7 | » | 5,15 | » | 94,85 |
| Feuilles | Poids absolu | 3,7720 | 1,4544 | » | 0,1124 | » | 1,3419 | » |
| | En centièmes | » | » | 51,1 | » | 7,73 | » | 92,27 |
| Fruits | Poids absolu | 4,9015 | 1,2587 | » | 0,0572 | » | 1,2014 | » |
| | En centièmes | » | » | 44,2 | » | 4,55 | » | 95,45 |
| Pousse totale | Poids absolu | 8,9605 | 2,8462 | » | 0,1764 | » | 2,6695 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 6,19 | » | 93,79 |

**5° Robinia, 29 septembre 1893. (Fruits complètement secs, pousses de l'année lignifiées, feuilles commençant à jaunir.)**

| | | Une pousse humide. | Une pousse sèche. | | Cendres de la matière sèche. | | Matière organique. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,2890 | 0,1618 | » | 0,0065 | » | 0,1552 | » |
| | En centièmes | » | » | 6,3 | » | 4,03 | » | 95,97 |
| Feuilles | Poids absolu | 2,7096 | 1,1719 | » | 0,1536 | » | 1,0182 | » |
| | En centièmes | » | » | 45,2 | » | 13,11 | » | 86,89 |
| Fruits | Poids absolu | 1,4967 | 1,2533 | » | 0,0563 | » | 1,1969 | » |
| | En centièmes | » | » | 48,5 | » | 4,50 | » | 95,50 |
| Pousse totale | Poids absolu | 4,4953 | 2,5870 | » | 0,2164 | » | 2,3703 | » |
| | En centièmes | » | » | 100,0 | » | 8,36 | » | 91,62 |

D'après ces nombres, au début de la végétation (au moment de la floraison), c'est-à-dire sur les jeunes pousses envisagées indépendamment de la branche proprement dite, le rapport de la tige aux feuilles est bien plus faible que dans les plantes herbacées.

Ce rapport est voisin de l'égalité; mais il ne faut pas oublier que dans un arbre le développement comprend la partie ligneuse, qui est ici mise en dehors.

La proportion de la matière minérale, dans les mêmes organes, est à peu près la même que dans une plante annuelle.

Au commencement de la fructification, le rôle de la tige a encore diminué, et celui des feuilles est tout à fait prépondérant. La proportion des cendres a peu varié dans l'ensemble, et elle est à peu près égale dans les différentes parties.

Lors de la maturation complète des graines, le poids relatif des fruits a encore augmenté. Même distribution des cendres que précédemment; cependant elles tendent à s'accroître dans les feuilles. Cet accroissement des matières minérales au sein des feuilles est plus marqué encore, lors des débuts de la marcescence; tandis qu'à ce moment les fruits et la tige ne se sont pas enrichis en matière minérale. En outre, le poids relatif des fruits l'emporte à ce moment sur celui des autres parties (séparées).

PROPORTION PONDÉRALE DES ÉLÉMENTS

**1° Robinia (jeunes pousses). 14 avril. Composition élémentaire.**

| | Carbone. | Hydrogène. | Azote. | Oxygène. |
|---|---|---|---|---|
| En centièmes........ | 48,44 | 6,19 | 4,24 | 34,17 |
| *Id.* Cendres déd..... | 52,24 | 6,68 | 4,55 | 36,53 |

Les cendres renferment, entre autres, dans une pousse:

| | Acide phosphorique. | Chaux. | Potasse. |
|---|---|---|---|
| En centièmes......... | 1,44 | 1,19 | 2,49 |

**2° Robinia, 27 avril. — Composition élémentaire. (1 pousse sèche.)**

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,0311 | » | 0,0040 | » | 0,0018 | » | 0,0267 | » |
| | En centièmes | » | 45,57 | » | 5,93 | » | 2,64 | » | 39,17 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 48,84 | » | 6,36 | » | 2,83 | » | 41,97 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,2088 | » | 0,0264 | » | 0,0181 | » | 0,1509 | » |
| | En centièmes | » | 48,47 | » | 6,14 | » | 4,21 | » | 35,04 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 51,64 | » | 6,54 | » | 4,49 | » | 37,33 |
| Fleurs | Poids absolu | 0,0873 | » | 0,0102 | » | 0,0057 | » | 0,0629 | » |
| | En centièmes | » | 49,74 | » | 5,86 | » | 3,27 | » | 35,87 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 52,50 | » | 6,18 | » | 3,47 | » | 37,85 |
| Pousse totale | Poids absolu | 0,2272 | » | 0,0406 | » | 0,0256 | » | 0,2405 | » |
| | En centièmes | » | 48,48 | » | 6,01 | » | 3,79 | » | 35,63 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 51,54 | » | 6,39 | » | 4,03 | » | 37,88 |

Les cendres contiennent, entre autres, dans une pousse sèche :

| | | Ac. phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,0006 | » | 0,0007 | » | 0,0018 | » |
| | En centièmes | » | 0,99 | » | 1,14 | » | 2,70 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0049 | » | 0,0058 | » | 0,0098 | » |
| | En centièmes | » | 1,14 | » | 1,36 | » | 2,28 |
| Fruits | Poids absolu | 0,0018 | » | 0,0006 | » | 0,0048 | » |
| | En centièmes | » | 1,07 | » | 0,38 | » | 2,76 |
| Pousse totale | Poids absolu | 0,0073 | » | 0,0071 | » | 0,0164 | » |
| | En centièmes | » | 1,08 | » | 1,05 | » | 2,43 |

**3° Robinia, 29 mai. — Commencement de la fructification. Composition élémentaire. (1 pousse sèche).**

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,0554 | » | 0,0072 | » | 0,0023 | » | 0,0506 | » |
| | En centièmes | » | 45,54 | » | 5,95 | » | 1,90 | » | 41,60 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 47,94 | » | 6,27 | » | 2,00 | » | 43,79 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,8317 | » | 0,0886 | » | 0,0567 | » | 0,6242 | » |
| | En centièmes | » | 48,98 | » | 5,22 | » | 3,34 | » | 36,76 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 51,94 | » | 5,54 | » | 3,54 | » | 38,97 |
| Fruits | Poids absolu | 0,1171 | » | 0,0146 | » | 0,0110 | » | 0,0935 | » |
| | En centièmes | » | 46,47 | » | 5,82 | » | 4,39 | » | 37,11 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 49,49 | » | 6,20 | » | 4,68 | » | 39,63 |
| Pousse totale. | Poids absolu | 1,0042 | » | 0,1104 | » | 0,0700 | » | 0,7683 | » |
| | En centièmes | » | 48,46 | » | 5,32 | » | 3,38 | » | 30,08 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 51,39 | » | 5,65 | » | 3,58 | » | 39,32 |

Les cendres contiennent, entre autres, dans une pousse sèche :

| | | Ac. phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges. | Poids absolu | 0,0008 | » | 0,0018 | » | 0,0017 | » |
| | En centièmes | » | 0,72 | » | 1,30 | » | 1,45 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0070 | » | 0,0399 | » | 0,0149 | » |
| | En centièmes | » | 0,47 | » | 2,35 | » | 0,88 |
| Fruits | Poids absolu | 0,0019 | » | 0,0022 | » | 0,0045 | » |
| | En centièmes | » | 0,78 | » | 0,90 | » | 1,71 |

| | | Carbone. | | Hydrogène. | | Azote. | | Oxygène. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,0616 | » | 0,0078 | » | 0,0022 | » | 0,0544 | » |
| | En centièmes | » | 46,34 | » | 5,91 | » | 1,69 | » | 40,91 |
| | *Id.* Cendres déduites | « | 48,86 | » | 6,23 | » | 1,78 | » | 43,13 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,6984 | » | 0,0750 | » | 0,0478 | » | 0,5206 | » |
| | En centièmes | » | 48,02 | » | 5,16 | » | 3,29 | » | 35,80 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 52,04 | » | 6,33 | » | 3,56 | » | 38,07 |
| Fruits | Poids absolu | 0,5938 | » | 0,0748 | » | 0,0427 | » | 0,4898 | » |
| | En centièmes | » | 47,18 | » | 5,95 | » | 3,40 | » | 38,92 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 49,43 | » | 6,24 | » | 3,56 | » | 40,77 |
| Pousse totale | Poids absolu | 1,3538 | » | 0,1576 | » | 0,0927 | » | 1,0648 | « |
| | En centièmes | » | 47,56 | » | 5,53 | » | 3,26 | » | 37,41 |
| | *Id.* Cendres déduites | » | 50,70 | » | 5,90 | » | 3,47 | » | 39,65 |

**4° Robinia, 11 juillet 1893. (Fructification et maturation complète des graines.)**

Les cendres contiennent, entre autres, dans une pousse sèche :

| | | Acide phosphorique. | | Chaux. | | Potasse. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | gr. | | gr. | | gr. | |
| Tiges | Poids absolu | 0,0005 | » | 0,0030 | » | 0,0017 | » |
| | En centièmes | » | 0,40 | » | 2,32 | » | 1,30 |
| Feuilles | Poids absolu | 0,0075 | » | 0,0567 | » | 0,0285 | » |
| | En centièmes | » | 0,52 | » | 3,90 | » | 1,96 |
| Fruits | Poids absolu | 0,0120 | » | 0,0099 | » | 0,0256 | » |
| | En centièmes | » | 0,96 | » | 0,79 | » | 2,04 |
| Pousse totale | Poids absolu | 0,0200 | » | 0,0696 | » | 0,0558 | » |
| | En centièmes | » | 0,70 | » | 2,44 | » | 1,96 |

**5° Robinia. — Marcescence. Composition élémentaire. (1 pousse sèche.)**

| | | Carbone. gr. | | Hydrogène. gr. | | Azote. gr. | | Oxygène. gr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pousse totale.. | Poids absolu........ | 0,0768 | » | 0,0103 | » | 0,0010 | » | [illegible] | » |
| | En centièmes....... | » | 47,49 | » | 6,34 | » | 1,81 | » | 40,40 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 49,49 | » | 6,61 | » | 1,91 | » | 41,98 |
| Feuilles....... | Poids absolu........ | 0,5116 | » | 0,0671 | » | 0,0081 | » | 0,4111 | » |
| | En centièmes........ | » | 43,66 | » | 5,74 | » | 1,50 | » | 41,99 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 50,25 | » | 4,61 | » | 1,20 | » | 40,48 |
| Fruits....... | Poids absolu........ | 0,5969 | » | 0,0769 | » | 0,0100 | » | 0,1804 | » |
| | En centièmes........ | » | 47,63 | » | 6,14 | » | 1,01 | » | 38,81 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 49,87 | » | 6,43 | » | 1,00 | » | 40,01 |
| Pousse totale.. | Poids absolu........ | 1,1853 | » | 0,1544 | » | 0,0096 | » | [illegible] | » |
| | En centièmes........ | » | 45,81 | » | 5,96 | » | 1,00 | » | 47,11 |
| | *Id.* Cendres déduites. | » | 50,00 | » | 6,30 | » | 1,83 | » | 40,00 |

**5° Robinia. (Marcescence.)**

Les cendres renferment, entre autres, dans une pousse sèche :

| | | Acide phosphorique. gr. | | Chaux. gr. | | Potasse. gr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiges........ | Poids absolu.. | 0,00058 | » | 0,0038 | » | 0,00142 | » |
| | En centièmes. | » | 0,36 | » | 2,40 | » | 0,90 |
| Feuilles...... | Poids absolu.. | 0,0023 | » | 0,0735 | » | 0,0128 | » |
| | En centièmes. | » | 0,20 | » | 6,28 | » | 1,10 |
| Fruits....... | Poids absolu.. | 0,0072 | » | 0,0110 | » | 0,0210 | » |
| | En centièmes. | » | 0,58 | » | 0,88 | » | 1,68 |
| Pousse totale. | Poids absolu.. | 0,01008 | » | 0,0883 | » | [illegible] | » |
| | En centièmes | » | 0,39 | » | 3,41 | » | 1,30 |

L'examen des proportions relatives des éléments doit être fait maintenant de plus près. Il n'y a pas lieu d'ailleurs de les rattacher à la plante totale, puisque nous nous sommes limités aux pousses de l'année, dans cet arbre.

### 1° Robinia, 14 avril 1893.

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 52{,}24 ; \quad H = 6{,}68 ; \quad Az = 4{,}55 ; \quad O = 36{,}53.$$

La richesse en carbone surpasse celle des plantes annuelles, prises dans leur totalité, et même celle de leurs feuilles à une époque correspondante (p. 297 et 306), l'azote répondant à celui des feuilles.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,35}\,H^{6,68}\,Az^{0,32}\,O^{2,28}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^{6}\,H^{9,21}\,Az^{0,44}\,O^{3,14}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}28 = 4{,}56.$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}68 - 4{,}56 = 2{,}12 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{2{,}12}{6{,}68} = 0{,}31 ; \qquad \frac{2{,}12}{4{,}56} = 0{,}46.$$

Rapport analogue à ceux des feuilles d'une plante annuelle (p. 307); il est même plus considérable.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}32 = 0{,}96,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}68 - 0{,}96 = 5{,}72 = H''_0,$$

excès sur celui des amides ;

2°
$$6{,}68 - 4{,}56 - 0{,}96 = 1{,}16 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Plus considérable que dans les feuilles de luzerne (p. 307).

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 14,47; \quad H = 1,79; \quad Az = 4,55; \quad O = 6,75.$$

Total : 27,56 pour 100.

A peu près le même que dans les feuilles d'une plante annuelle (p. 307).

$$\begin{array}{l} 52,24 - 14,47 = 37,77 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.} \\ 6,68 - 1,79 = 4,89 = H_2 \quad » \\ 36,53 - 6,75 = 29,78 = O_2 \quad » \\ \hline 72,44 \end{array}$$

Rapports entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{27,56}{72,44} = 0,38.$$

Même remarque.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{array}{l} C'_2 = 52,15 \\ H'_2 = 6,75 \\ O'_2 = 11,10 \\ \hline 100,00 \end{array}$$

2° Excès H = 1,61.

3° Rapports atomiques.

$$C^{4,34} H^{6,75} O^{2,57}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,33} O^{3,55}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6$$

### A. — Robinia, 27 avril 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 48,84 ; \quad H = 6,36 ; \quad Az = 2,83 ; \quad O = 41,97.$$

Tige plus carbonée et azotée que la tige de luzerne ; ce qui s'explique, le mot *tige* s'appliquant seulement à la jeune pousse, qui est plus voisine dans la luzerne de l'organisation foliacée.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,07} H^{6,36} Az^{0,20} O^{2,62}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,37} Az^{0,29} O^{3,86}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2,62 = 5,34,$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,36 - 5,35 = 1,02 = H'_2,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Valeur voisine de la luzerne.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,02}{6,36} = 0,16 ; \qquad \frac{1,02}{5,34} = 0,19.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,20 = 0,60,$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,36 - 0,60 = 5,76 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,36 - 5,34 - 0,60 = 0,42 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Il y a ici un excès d'hydrogène, à peu près le même que pour la luzerne nouvelle.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés co*** ***albuminoïdes :***

$$C = 9{,}00\,; \quad H = 1{,}11\,; \quad Az = 2{,}83\,; \quad O = 4{,}20.$$

**Total : 17,14 pour 100.**

Valeur plus forte que la luzerne.

$48{,}84 - 9{,}00 = 39{,}84 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6{,}36 - 1{,}11 = 5{,}25 = H_2$ »
$41{,}97 - 4{,}20 = 37{,}77 = O_2$ »
$82{,}86$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{17{,}14}{82{,}86} = 0{,}20.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48{,}08$$
$$H'_2 = 6{,}33$$
$$O'_2 = 45{,}59$$
$$100{,}00$$

2° Excès H : 0,63 ;

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,00}H^{6,33}O^{2,85}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6H^{9,49}O^{4,27}.$$

5° $$\frac{H_3}{C'_3} = 1{,}58.$$

**B. — Robinia, 27 avril 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 51{,}54\,; \quad H = 6{,}54\,; \quad Az = 4{,}49\,; \quad O = 37{,}33.$$

Plus de carbone, un peu moins d'azote que dans la feuille de luzerne.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,30}H^{6,54}Az^{0,32}O^{2,33}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6}H^{9,12}Az^{0,44}O^{3,25}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2O'_0 = 2 \times 2,33 = 4,66;$$
$$H - 2O'_0 = 6,54 - 4,66 = 1,88 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,88}{6,54} = 0,29; \qquad \frac{1,88}{4,60} = 0,40.$$

Même valeur. Double de la valeur observée pour la période précédente du *Robinia*.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3Az'_0 = 3 \times 0,32 = 0,96,$$
$$H - 3Az'_0 = 6,54 - 0,96 = 5,58 = H''_0,$$

excès sur celui des amides ;

2°
$$6,54 - 4,66 - 0,96 = 0,92 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides. Même remarque pour la luzerne. Plus que double du *Robinia*.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 14,28; \quad H = 1,83; \quad Az = 4,49; \quad O = 6,66.$$
Total : 27,26 pour 100.

Mêmes remarques.

$51,64 - 14,28 = 37,36 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,54 - 1,83 = 4,71 = H_2$ »
$37,33 - 6,66 = 30,67 = O_2$ »

$72,74$

Rapport entre les deux genres de principes :

$$R = \frac{27,26}{72,74} = 0,37.$$

De même.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 51,36$$
$$H_2 = 6,47$$
$$O'_2 = 42,17$$
$$100,00$$

2° Excès H : 1,2.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,28} H^{6,47} O^{2,63}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,07} O^{3,69}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,5.$$

### C. — Robinia, 27 avril 1893. (Fleurs.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$C = 52,50$; $H = 6,18$; $Az = 3,47$; $O = 37,85$.

Matière plus carbonée, moins azotée que celle des feuill[es]
même oxydation.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,37} H^{6,18} Az^{0,24} O^{3,36}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{8,48} Az^{0,33} O^{2,24}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2\,O'_0 = 2 \times 2{,}36 = 4{,}72\,;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6{,}18 - 4{,}72 = 1{,}46 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone ;

2°
$$H'_0 = \frac{1{,}46}{6{,}28} = 0{,}23\,; \qquad \frac{1{,}46}{4{,}72} = 0{,}30.$$

Un peu plus faible que dans les feuilles.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}24 = 0{,}72\,;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}18 - 0{,}72 = 5{,}46 = H'_0,$$

excès sur celui des amides ;

2°
$$6{,}18 - 4{,}72 - 0{,}72 = 0{,}74 - H''_0,$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

Même remarque.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 11{,}04\,; \qquad H = 1{,}36\,; \qquad Az = 3{,}47\,; \qquad O = 5{,}15.$$

Total : 21,02 pour 100.

$$52{,}50 - 11{,}04 = 41{,}46 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}18 - 1{,}36 = 4{,}82 = H_2 \quad \text{»}$$
$$37{,}85 - 5{,}15 = 32{,}70 = O_2 \quad \text{»}$$
$$\overline{78{,}98}$$

Rapport entre les deux genres de principes :

$$R = \frac{21{,}02}{78{,}98} = 0{,}26.$$

Plus faible.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 50,47$$
$$H'_2 = 6,10$$
$$O'_2 = 43,43$$
$$100,00$$

2° Excès H : 0,67.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,20} H^{6,10} O^{2,71}.$$

4° Rapport calculé pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,71} O^{3,85}.$$

5° $$\frac{H_2}{C_3} = 1,45.$$

**A. — Robinia, 29 mai 1893. (Tiges.)**

(I). ***Proportion pondérale des éléments :***

$$C = 47,94; \quad H = 6,27; \quad Az = 2,00; \quad O = 43,79.$$

Même valeur que pour la luzerne, au 31 juillet.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{3,99} H^{6,27} Az^{0,14} O^{2,73}.$$

Le carbone et l'azote ont diminué, l'oxygène a crû, par rapport au Robinia du 27 avril.

(III). *Rapport calculé pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,43} Az^{0,21} O^{4,10}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2 O'_0 = 2 \times 2,73 = 5,56;$$
$$H - 2 O'_0 = 6,27 - 5,56 = 0,71 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Il a diminué.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,71}{6,27} = 0,11; \quad \frac{0,71}{5,56} = 0,12.$$

Valeurs plus faibles que pour la luzerne.

V). *Comparaison avec les amides :*

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,14 = 0,42;$$
$$H - 3\,Az_0 = 6,27 - 0,42 = 5,85 = H''_0,$$

:ès sur celui des amides.

$$6,27 - 5,56 - 0,42 = 0,29 = H'''_0,$$

·tant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et
; amides. Un peu diminué.

VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albu-*
*ıoïdes :*

$$C = 6,30; \quad H = 0,78; \quad Az = 2,00; \quad O = 2,97.$$

Total : 12,05 pour 100 au lieu de 17.

$$47,94 - 6,30 = 41,64 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6,27 - 0,78 = 5,49 = H_2 \quad \text{»}$$
$$43,79 - 2,97 = 40,82 = O_2 \quad \text{»}$$
$$\overline{87,95}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{12,05}{87,95} = 0,13; \text{ au lieu de } 0,20.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 47,34$$
$$H_2 = 6,24$$
$$O'_2 = 46,42$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès $H = 0,46$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{3,93}H^{6,24}O^{2,90}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,52} O^{4,42}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,6.$$

### B. — Robinia, 29 mai 1893. (Feuilles.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 51,95; \quad H = 5,54 \, (?); \quad Az = 3,54; \quad O = 38,97.$$

Même carbone que la luzerne; H faible (?). L'azote est inférieur de près d'un cinquième à celui du Robinia de la période précédente; l'oxygène, supérieur de 1,64 centième.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,42} H^{5,54} Az^{0,25} O^{2,43}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{7,69} Az^{0,34} O^{3,37}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O'_0 = 2 \times 2,43 = 4,86;$$
$$H - 2\,O'_0 = 5,54 - 4,86 = 0,68 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone : double des autres parties.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,68}{5,54} = 0,12; \qquad \frac{0,68}{4,86} = 0,14.$$

La proportion est bien moindre que dans la période précédente, et même que celle de la luzerne correspondante.

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,AzO'_0 = 3 \times 0,25 = 0,75;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 5,54 - 0,75 = 4,79 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2° $$5,54 - 4,86 - 0,75 = -0,07 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 11,26; \quad H = 1,39; \quad Az = 3,54; \quad O = 5,25.$$

Total : 21,44 pour 100.

Diminution.

$$51,95 - 11,26 = 40,69 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$5,54 - 1,39 = 4,15 = H_2 \quad —$$
$$38,97 - 5,25 = 33,72 = O_2 \quad —$$

78,56

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{21,44}{78,46} = 0,27.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 51,79$$
$$H'_2 = 5,28$$
$$O'_2 = 42,93$$

100,00

2° Excès H : nul.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,31} H^{5,28} O^{2,68}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{7,34} O^{3,73}.$$

5° $\frac{H_3}{C_3} = 1,23$ (?).

### C. — Robinia, 29 mai 1893. (Fruits.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49,49; \quad H = 6,20; \quad Az = 4,68; \quad O = 39,63.$$

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4,12}H^{6,20}Az^{0,33}O^{2,47}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^{6}H^{9,02}Az^{0,48}O^{3,59}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1°
$$2O_0' = 2 \times 2,47 = 4,94;$$
$$H - 2O_0' = 6,20 - 4,94 = 1,26 = H_0',$$

excès sur celui des hydrates de carbone :

2°
$$\frac{H_0'}{H} = \frac{1,26}{6,20} = 0,20; \qquad \frac{1,26}{4,94} = 0,25.$$

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1°
$$3Az_0' = 3 \times 0,33 = 0,99;$$
$$H - 3Az_0' = 6,20 - 0,99 = 5,21 = H_0''$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,20 - 4,94 - 0,99 = 0,27 = H_0''',$$

restant, après enlèvement de celui des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 14,89; \quad H = 1,84; \quad Az = 4,68; \quad O = 6,94.$$

Total : 28,35 pour 100.

$49,49 - 14,89 = 34,60 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,20 - 1,84 = 4,36 = H_2$ »
$39,63 - 6,94 = 32,69 = O_2$ »

71,65

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{28,35}{71,65} = 0,39.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48,29$$
$$H'_2 = 6,08$$
$$O'_2 = 45,63$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès $H = 0,35$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,02} H^{6,08} O^{2,85}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,07} O^{4,25}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,50.$$

### A. — Robinia, 11 juillet 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion des éléments :*

$$C = 48,86; \quad H = 6,23; \quad Az = 1,78; \quad O = 43,13.$$

Composition peu modifiée depuis la période précédente.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,01} H^{6,23} Az^{0,12} O^{2,69}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,32} Az^{0,17} O^{4,02}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2O'_0 = 2 \times 2,69 = 5,38;$$
$$H - 2O'_0 = 6,23 - 5,38 = 0,85 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Il est devenu un peu plus fort.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{0,85}{6,23} = 0,13; \quad \frac{0,85}{5,38} = 0,16.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0{,}12 = 0{,}36;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6{,}23 - 0{,}36 = 5{,}87 = H''_0,$$

excédant sur celui des amides.

2° $$6{,}23 - 5{,}38 - 0{,}36 = 0{,}49 = H''_0$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et amides. Il a doublé.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme a minoïdes :*

$$C = 5{,}66; \quad H = 0{,}69; \quad Az = 1{,}78; \quad O = 2{,}64.$$

Total : 10,77 pour 100. — Valeur voisine (12,0).

$48{,}86 - 5{,}66 = 43{,}20 = C_2$ carbone des composés non azotés,
$6{,}23 - 0{,}69 = 5{,}54 = H_2$ »
$43{,}13 - 2{,}64 = 40{,}49 = O_2$ »

$$89{,}23$$

Rapport entre les deux genres composés :

$$R = \frac{10{,}77}{89{,}23} = 0{,}12.$$

Même valeur.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 48{,}41$$
$$H'_2 = 6{,}20$$
$$C'_2 = 45{,}39$$
$$100{,}00$$

2° Excès $H = 0{,}5$.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,03}H^{6,20}O^{2,83}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,23} O^{4,21}.$$

5° $$\frac{H_2}{C_3} = 1,53.$$

**B. — Robinia, 11 juillet 1893. (Feuilles.)**

(I). ***Proportion pondérale des éléments :***

$$C = 52,04\,; \quad H = 6,33\,; \quad Az = 3,56\,; \quad O = 38,07\,;$$

peu modifiée, sauf pour l'hydrogène.

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4,33} H^{6,33} Az^{0,25} O^{2,37}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^6 H^{8,77} Az^{0,34} O^{3,28}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1° $$2\,O_0' = 2 \times 2,37 = 4,74\,;$$
$$H - 2\,O = 6,33 - 4,74 = 1,59 = H_0',$$

excès sur celui des hydrates de carbone : il a plus que doublé.

2° $$\frac{H_0'}{H} = \frac{1,59}{6,33} = 0,25\,; \qquad \frac{1,59}{4,74} = 0,33.$$

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1° $$3\,Az_0' = 3 \times 0,25 = 0,75\,;$$
$$H - 3\,Az_0' = 6,31 - 0,75 = 5,58 = H_0'',$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,33 - 4,74 - 0,75 = 0,84 = H_0''',$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 11{,}32; \quad H = 1{,}40; \quad Az = 3{,}56; \quad O = 5{,}28.$$

**Total : 21,56 pour 100.**

**Même valeur.**

$$52{,}04 - 11{,}32 = 40{,}72 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}33 - 1{,}40 = 4{,}93 = H_2 \quad \text{»}$$
$$38{,}07 - 5{,}28 = 32{,}79 = O_2 \quad \text{»}$$
$$\overline{78{,}44}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{21{,}56}{78{,}44} = 0{,}27.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 51{,}91$$
$$H'_2 = 6{,}28$$
$$O'_2 = 11{,}81$$
$$\overline{100{,}00}$$

2° Excès H : 1,05.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,32} H^{6,28} O^{2,61}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{8,72} O^{3,62}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1{,}45.$$

### C. — Robinia, 11 juillet 1893. (Fruits.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49{,}43; \quad H = 6{,}24; \quad Az = 3{,}56; \quad O = 40{,}77;$$

l'azote seul a diminué.

(II). ***Rapports atomiques :***

$$C^{4,11} H^{6,24} Az^{0,25} O^{2,54}.$$

(III). ***Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :***

$$C^{6} H^{9,10} Az^{0,36} O^{3,70}.$$

(IV). ***Comparaison avec les hydrates de carbone :***

1°

$$2\,O'_0 = 2 \times 2,54 = 5,08\,;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,24 - 5,08 = 1,16 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone.

2°

$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,16}{6,24} = 0,18\,; \qquad \frac{1,16}{5,08} = 0,22,$$

presque le même.

(V). ***Comparaison avec les amides :***

1°

$$3\,Az'_0 = 3 \times 0,25 = 0,75\,;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,24 - 0,75 = 5,49 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°

$$6,24 - 5,08 - 0,75 = 0,41 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides.

(VI). ***Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :***

$$C = 11,32\,; \qquad H = 1,40\,; \qquad Az = 3,56\,; \qquad O = 5,28.$$

Total : 21,56 pour 100.

Leur dose a diminué d'un quart.

$49,43 - 11,32 = 38,11 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,24 - 1,40 = 4,84 = H_2$ »
$40,77 - 5,28 = 35,49 = O_2$ »

78,44

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{21,56}{78,44} = 0,27.$$

Diminution d'un tiers.

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$\begin{aligned} C'_2 &= 48,58 \\ H_2 &= 6,17 \\ O'_2 &= 45,25 \\ \hline & 100,00 \end{aligned}$$

2° Excès H : 0,51.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,05} H^{6,17} O^{2,82}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,14} C^{4,18}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 2,53.$$

### A. — Robinia, 29 juillet 1893. (Tiges.)

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49,49; \quad H = 6,61; \quad Az = 1,92; \quad O = 41,98;$$

matière plus riche en carbone.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,12} H^{6,61} Az^{0,13} O^{2,62}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^6 H^{9,62} Az^{0,18} O^{2,81}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O'_0 = 2 \times 2,62 = 5,24;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,61 - 5,24 = 1,37 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Il a augmenté des deux tiers.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,37}{6,61} = 0,20; \qquad \frac{1,37}{5,24} = 0,26.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az'_0 = 3 \times 0,13 = 0,39;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,61 - 0,39 = 6,22 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,61 - 5,24 - 0,39 = 0,96 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Doublé.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 6,10; \quad H = 0,75; \quad Az = 1,92; \quad O = 2,85.$$

Total : 11,62 pour 100.

Valeur restée voisine de la précédente période.

$$49,49 - 6,10 = 43,39 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6,61 - 0,75 = 5,86 = H_2 \quad »$$
$$41,98 - 2,85 = 39,13 = O_2 \quad »$$
$$\overline{88,38}$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{11,62}{88,38} = 0,13.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 49,09$$
$$H'_3 = 6,63$$
$$O'_7 = 44,28$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès H : 1,10.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,09}\,H^{6,63}\,O^{2,77}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6\,H^{9,72}O^{4,06}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,62.$$

**B. — Robinia, 29 juillet 1893. (Feuilles.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 50,25;\quad H = 6,61;\quad Az = 2,76;\quad O = 40,38.$$

Le carbone et l'azote ont baissé.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,18}\,H^{6,61}\,Az^{0,19}\,O^{2,52}.$$

(III). *Rapports calculés pour* 6 *atomes de carbone :*

$$C^6\,H^{9,48}\,Az^{0,27}\,O^{3,61}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1° $$2\,O_0 = 2 \times 2,52 = 5,04;$$
$$H - 2\,O'_0 = 6,61 - 5,04 = 1,57 = H_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone : demeuré presque le même.

2° $$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,57}{6,61} = 0,23;\qquad \frac{1,57}{5,04} = 0,31.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1° $$3\,Az' = 3 \times 0,19 = 0,57;$$
$$H - 3\,Az'_0 = 6,61 - 0,57 = 6,04 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2° $$6,61 - 5,04 - 0,57 = 1,00 = H'''_0,$$

restant après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Demeuré voisin.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 8{,}78; \quad H = 1{,}08; \quad Az = 2{,}76; \quad O = 4{,}09.$$

Total : 16,71 pour 100.

Leur dose relative a diminué d'un quart.

$$50{,}25 - 8{,}78 = 41{,}47 = C_2 \text{ carbone des composés non azotés.}$$
$$6{,}61 - 1{,}08 = 5{,}53 = H_2 \quad »$$
$$40{,}38 - 4{,}09 = 36{,}29 = O_2 \quad »$$
$$83{,}29$$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{16{,}71}{83{,}29} = 0{,}20.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 49{,}79$$
$$H' = 6{,}63$$
$$O'_2 = 43{,}58$$
$$100{,}00$$

2° Excès H : 1,18.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,15} H^{6,63} O^{2,72}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,58} O^{3,93}.$$

5° $\frac{H_3}{C_3} = 1{,}6.$

**C. — Robinia, 29 juillet 1893. (Fruits.)**

(I). *Proportion pondérale des éléments :*

$$C = 49{,}87; \quad H = 6{,}43; \quad Az = 3{,}06; \quad O = 40{,}64.$$

L'azote seul a baissé.

(II). *Rapports atomiques :*

$$C^{4,15} H^{6,43} Az^{0,21} O^{2,54}.$$

(III). *Rapports calculés pour 6 atomes de carbone :*

$$C^{6} H^{9,29} Az^{0,30} O^{3,67}.$$

(IV). *Comparaison avec les hydrates de carbone :*

1°
$$2 O'_0 = 2 \times 2,54 = 5,08;$$
$$H = 2 O'_0 = 6,43 - 5,08 = 1,35 = H'_0,$$

excès sur celui des hydrates de carbone. Valeurs demeurées voisines.

2°
$$\frac{H'_0}{H} = \frac{1,35}{6,43} = 0,20; \qquad \frac{1,35}{5,08} = 0,26.$$

(V). *Comparaison avec les amides :*

1°
$$3 Az'_0 = 3 \times 0,21 = 0,63;$$
$$H - 3 Az'_0 = 6,43 - 0,63 = 5,80 = H''_0,$$

excès sur celui des amides.

2°
$$6,63 - 5,08 - 0,63 = 0,92 = H'''_0,$$

restant, après enlèvement des hydrates de carbone et des amides. Il a doublé.

(VI). *Comparaison des principes azotés, calculés comme albuminoïdes :*

$$C = 9,73; \quad H = 1,20; \quad Az = 3,06; \quad O = 4,54.$$
Total : 18,53 pour 100.

Leur dose relative a un peu diminué.

$49,87 - 9,73 = 40,14 = C_2$ carbone des composés non azotés.
$6,43 - 1,20 = 5,23 = H_2$ »
$40,64 - 4,54 = 36,10 = O_2$ »
$81,47$

Rapport entre les deux genres de composés :

$$R = \frac{18,53}{81,47} = 0,22.$$

(VII). *Composition des principes non azotés :*

1° En centièmes :

$$C'_2 = 49,27$$
$$H'_2 = 6,41$$
$$O'_2 = 44,32$$
$$\overline{100,00}$$

2° Excès H : 0,87.

3° Rapports atomiques :

$$C^{4,10} H^{6,41} O^{2,77}.$$

4° Rapports calculés pour $C^6$ :

$$C^6 H^{9,38} O^{4,05}.$$

5° $$\frac{H_3}{C_3} = 1,56.$$

Pour les conclusions générales, se reporter à la p. 344.

## CHAPITRE III

### SUR LA MARCHE GÉNÉRALE DE LA VÉGÉTATION PLANTE DÉVELOPPÉE A L'OMBRE ET AU SOLEIL REGAIN

En poursuivant mes recherches sur la marche générale de la végétation, j'ai obtenu les résultats suivants par l'analyse d'une espèce de Graminée, non cultivée, qui a été examinée dans les trois conditions suivantes :

*Cynosurus cristatus* (Cretelle vulgaire).

I. Plante développée dans une prairie naturelle, exposée au soleil ; récoltée le 28 mai 1898.

II. Plante développée dans le même sol, à l'ombre d'une charmille qui la protégeait en tout temps contre l'action directe des rayons solaires ; même date.

III. Plante développée au soleil, fauchée le 3 juin ; regain le 6 août.

Le poids moyen du pied a été déterminé seulement pour l'échantillon III. Un pied pesait : humide, $1^{gr},233$ ; sec, $0^{gr},386$.

Sur 100 grammes, à l'état naturel, on a trouvé :

| | Matière sèche. | Eau. |
|---|---|---|
| I (soleil) | 27,4 | 72,6 |
| II (ombre) | 22,1 | 77,9 |
| III (regain) | 31,3 | 68,7 |

Ainsi la plante développée à l'ombre contient plus d'eau, comme on devait s'y attendre. Il y a peu de différence entre

la récolte de regain et la première récolte, toutes deux obtenues au soleil.

Voici maintenant la proportion relative des différentes parties de la plante, en centièmes :

*État sec.*

| | I (soleil). | II (ombre). | III (regain). |
|---|---|---|---|
| Racines | 29,7 | 14,4 | 29,9 |
| Tiges | 19,9 | 37,7 | 23,4 |
| Feuilles vertes | 19,9 | 34,25 | 24,7 |
| Feuilles sèches | 15,7 | 13,7 | 0 |
| Épis | 14,7 | 0 | 21,9 |

Le poids relatif des racines est le même dans les deux récoltes successives au soleil ; tandis qu'il est réduit à moitié dans la plante développée à l'ombre.

La presque identité du poids relatif des racines, pour les deux récoltes successives au soleil, mérite d'être remarquée dans une plante annuelle, telle que le *Cynosurus* ; d'autant plus qu'elle contraste avec la variation de ce même poids relatif des racines, pour les deux récoltes successives d'une plante vivace, telle que la luzerne. En effet, d'après mes anciennes expériences sur cette plante, le 25 juin 1883, les racines formaient les 15,7 centièmes du poids sec du végétal ; tandis qu'au moment du regain, le 30 octobre, leur proportion relative s'est élevée aux 47,2 centièmes (1). Cet accroissement coïncide avec le rôle des racines de luzerne, qui assurent la permanence de la plante d'une année à l'autre.

Mais revenons au *Cynosurus*.

Pour les tiges, le poids relatif est aussi à peu près le même dans les deux récoltes successives au soleil (avec faible excès dans le regain) ; tandis qu'il n'y est guère que la moitié du

(1) Ce volume, p. 65-66.

poids de la même portion de l'organisme total, dans la plante développée à l'ombre.

Le poids des feuilles développées à l'ombre l'emporte également, étant presque double pour les feuilles vertes; mais l'excès est moindre, si l'on tient compte des feuilles sèches. Quant au regain, lequel n'a pas fourni de feuilles sèches, le poids des feuilles vertes y surpasse à peine celui de la première récolte; il est, par conséquent, fort inférieur à celui de la plante à l'ombre.

En compensation, le poids des épis était supérieur de moitié dans le regain, comparé à la première récolte, aux époques de ces analyses; tandis que la plante développée à l'ombre n'était pas encore parvenue au degré d'évolution qui produit les épis, au moment où on l'a recueillie. Ainsi sa végétation était plus lente que celle de la plante au soleil: fait facile à prévoir.

De là résulte une conséquence nouvelle. Si l'on veut comparer plus sûrement les diverses récoltes de la même plante, on doit faire la somme des parties vertes : c'est-à-dire, d'une part, ajouter ensemble les poids des feuilles, tiges et épis (soleil); d'autre part, ajouter les feuilles et tiges sans épis (ombre); on trouve ainsi :

| | |
|---|---|
| I | 76,3 |
| II | 85,6 |
| III | 70,1 |

Ici encore la plante développée à l'ombre l'emporte sur les deux autres, qui fournissent d'ailleurs des valeurs à peu près identiques.

En somme, la plante semble mieux nourrie à l'ombre; mais cette vigueur apparente tient à un retard dans l'exercice des fonctions de reproduction.

Poursuivons ces comparaisons, en les faisant porter sur

'état d'hydratation des différentes parties de la plante.

Voilà la proportion d'eau observée, sur 100 parties de chaque portion de la plante :

| | I (soleil). | II (ombre). | III (regain). |
|---|---|---|---|
| Racines | 76,4 | 80,4 | 70,8 |
| Tiges | 78,9 | 68,5 | 70,4 |
| Feuilles vertes | 70,0 | 81,6 | 69,4 |
| Feuilles sèches | 52,6 | 60,0 | Nulles. |
| Épis | 71,4 | Nuls. | 61,0 |

La plante développée à l'ombre est la plus hydratée, dans chacune de ses parties, sans exception, et par conséquent dans sa totalité, comme il a été dit plus haut. Le regain, au contraire, a fourni partout le minimum d'eau : observation qui s'applique aussi à la luzerne, quoique avec de moindres écarts (1). Cet excès d'eau, dans la plante développée à l'ombre, correspond avec un meilleur état de circulation des humeurs et par suite de nutrition.

Examinons maintenant de plus près la répartition générale des éléments, en composés organiques et composés minéraux (cendres), dans les trois récoltes qui font l'objet de notre étude.

Soit d'abord la plante, prise dans son ensemble :

| | I (soleil). | II (ombre). | III (regain). |
|---|---|---|---|
| Cendres | 13,2 | 16,8 | 10,7 |
| Silice | (8,7) | (7,8) | (52) |
| Carbone | 42,7 | 40,3 | 41,3 |
| Hydrogène | 5,0 | 5,1 | 5,2 |
| Azote | 1,24 | 1,2 | 1,3 |
| Phosphore | 0,48 | 0,65 | 0,31 |
| Soufre | 0,36 | 0,95 | 0,33 |
| Oxygène organique, environ | 36,0 | 35,0 | 40,9 |

Les cendres sont maximum à l'ombre, minimum dans le regain. De même la silice. Le résultat relatif au regain répond

(1) Ce volume, p. 65-66.

à ce fait, que l'absorption des matières minérales, empruntées au sol, a eu lieu avec moins de rapidité que la formation des matières hydrocarbonées, pendant la durée du second développement de la plante (regain), que pendant celle du premier.

Aussi la proportion relative des principes hydrocarbonés, complémentaires des cendres, est-elle maximum dans le regain, minimum à l'ombre.

Occupons-nous surtout de ce dernier ordre de principes.

La richesse de la plante en carbone est maximum dans le végétal développé au soleil, minimum dans le regain : ce qui tient à ce que la matière de ce dernier est plus riche en produits oxygénés ; on va revenir sur ce point. A la vérité, entre la plante développée au soleil et la plante développée à l'ombre la différence relative du carbone diminuerait, si l'on déduisait les cendres dans le calcul. Cependant la plante développée au soleil demeure, dans tous les cas, la plus riche en carbone.

Le phosphore et le soufre sont au contraire maximum dans la plante développée à l'ombre; tandis que les deux récoltes faites au soleil fournissent des chiffres voisins entre eux.

L'azote est à peu près le même dans les trois échantillons; il répond à 8 centièmes ou 8,5 environ d'albuminoïdes : soit un douzième, lequel contient 4 parties de carbone et 2 d'oxygène, en nombres ronds.

En déduisant ces valeurs, on aurait pour le carbone et l'oxygène (1) des produits organiques :

(1) L'évaluation de l'oxygène ne saurait être qu'approximative, parce qu'on ne peut guère calculer la dose exacte des acides sulfurique et phosphorique, combinés à l'état de sels conjugués dans les plantes. D'autre part, l'hydrogène n'est pas connu par ces analyses avec le degré de précision extrême qui serait nécessaire pour pouvoir définir la cause exacte de ses variations.

| | I (soleil). | II (ombre). | III (regain). |
|---|---|---|---|
| Carbone | 38,5 | 36,3 | 37,2 |
| Oxygène | 34 | 33,0 | 38,8 |

Rapports atomiques C : O :

| I | II | III |
|---|---|---|
| 6 : 3,9 | 6 : 4,2 | 6 : 4,7 |

Si l'on observe que, dans la cellulose et ses isomères, le rapport du carbone à l'oxygène est 6 : 5, on voit que la plante renferme, dans tous les cas, des principes moins oxydés que les hydrates de carbone (tels que vasculose, matières subéreuses et résineuses, etc.) : la dose de semblables principes est maximum dans la plante tout d'abord développée au soleil. Au contraire, dans le regain, la prépondérance des hydrates de carbone est plus marquée.

Comparons enfin, pour mieux marquer l'influence de la vie, la composition des feuilles vertes et des feuilles sèches, obtenues sur un même pied, dans une même récolte, à la même époque, au soleil et à l'ombre.

*Feuilles.*

| | I. Soleil. | | II. Ombre. | |
|---|---|---|---|---|
| | Feuilles vertes. | Feuilles sèches. | Feuilles vertes. | Feuilles sèches. |
| Cendres | 13,1 | 19,6 | 4,3 | 21,6 |
| Silice | (5,9) | (13,3) | (4,7) | (18,0) |
| Carbone | 43,6 | 41,2 | 41,7 | 37,6 |
| Hydrogène | 5,2 | 5,1 | 5,1 | 5,2 |
| Azote | 2,3 | 1,07 | 3,1 | 1,4 |
| Oxygène organique, environ. | 35,3 | 23,8 | 35,4 | 28,1 |

La dessiccation, ou plus exactement la marcescence des feuilles a eu pour effet d'amener la destruction, par oxydation, d'une dose considérable de matière organique, et, par conséquent, l'enrichissement du résidu en cendres. Dans les produits organiques qui subsistent, le rapport atomique du

carbone à l'oxygène s'est accru; sans doute en raison de l'élimination partielle de ce dernier sous forme d'acide carbonique, c'est-à-dire conformément aux expériences que nous avons faites, M. André et moi, sur la décomposition des feuilles en vases clos (1). L'azote a diminué de moitié dans les feuilles sèches; probablement en raison de son élimination à l'état d'ammoniaque, ou de matière soluble entraînée par les pluies.

Le rapport atomique du carbone à l'oxygène (en déduisant préalablement les albuminoïdes), C : O, est le suivant :

| Feuilles vertes. | | Feuilles sèches. | |
|---|---|---|---|
| I.... 6 : 3,9 | II.... 6 : 4,3 | I.... 6 : 3,7 | II.... 6 : 3,5 |

Ce rapport pour les celluloses étant 6 : 5, on voit d'abord que les feuilles vertes renferment des principes moins oxygénés, en dose notable; on voit, en outre, que les principes restés dans les feuilles sèches sont encore moins oxygénés que dans les feuilles vertes : ce qui correspond avec un départ d'oxygène accompli sous la forme d'acide carbonique et d'eau.

(1) Tome III du présent ouvrage.

# LIVRE II

## SUR LES ACTIONS CHIMIQUES PRODUITES PAR LES ÉNERGIES LUMINEUSES

### CHAPITRE PREMIER

#### NOTIONS GÉNÉRALES

L'activité chimique de la lumière se manifeste dans une multitude de phénomènes, les uns physiologiques, essentiels pour l'étude scientifique des plantes et des animaux, aussi bien que pour l'hygiène et l'agriculture; les autres purement chimiques, et sur lesquels repose toute la photographie et la conservation des peintures. C'est sur l'action chimique de la lumière, en particulier, que reposent les problèmes relatifs à l'emmagasinement des énergies naturelles à la surface de la terre, par les végétaux actuels et les animaux qui s'en nourrissent, aussi bien que par les végétaux fossiles, origines de la houille et des combustibles analogues. J'ai exécuté un grand nombre d'expériences sur ces questions, qui touchent de si près à l'étude de la végétation naturelle.

Avant d'exposer ces expériences, résumons quelques principes généraux de photochimie.

La lumière, en arrivant à la surface des corps, est en partie diffusée, en partie absorbée, et, si la substance est

transparente, en partie transmise. L'absorption est superficielle dans les substances opaques; elle se manifeste dans toute la masse des corps transparents. Elle peut développer, soit de la chaleur, soit une modification moléculaire, soit une réaction chimique.

C'est ainsi que la lumière produit des décompositions chimiques, des combinaisons chimiques, des changements isomériques, etc. La force vive des vibrations éthérées, qui donnent lieu aux phénomènes lumineux, se communique donc, dans certaines réactions, à la matière pondérable. Mais, si cette communication est certaine, les mécanismes suivant lesquels elle s'accomplit sont demeurés obscurs jusqu'à présent, malgré les innombrables expériences des physiciens et des photographes.

On sait seulement que chaque réaction chimique particulière a lieu sous l'influence d'un certain nombre de groupes de rayons, distribués dans le spectre. Les rayons violets et ultra-violets sont surtout efficaces, pour le plus grand nombre des cas; ce qui leur a fait donner le nom de *rayons chimiques*. Mais les autres radiations interviennent aussi au cours de cet ordre de phénomènes.

Ajoutons encore que, d'après Herschel, une matière colorante sensible à la lumière est détruite en général par les rayons lumineux qu'elle absorbe, c'est-à-dire par les rayons de la couleur complémentaire à celle que ladite matière réfléchit : circonstance qui paraît de nature à jeter quelque jour sur le caractère mécanique des actions photochimiques.

Les transformations chimiques produites par la lumière peuvent être distinguées en réactions endothermiques et réactions exothermiques.

1° *Réactions exothermiques*. — Telles sont : la formation de l'acide chlorhydrique, au moyen du chlore et de l'hydrogène;

La formation des produits chlorés, au moyen du chlore et des composés hydrogénés ;

Les phénomènes d'oxydation, si employés en photographie, phénomènes développés, soit par l'oxygène libre, soit par les agents oxydants (acide chromique, chlore et eau, etc.) ;

La réduction des sels d'argent, d'or, de mercure, de peroxyde de fer, etc., opérée avec le concours d'un composé organique, ou de toute autre substance oxydable ;

La décomposition du gaz iodhydrique, etc.

Dans ce groupe de réactions, la lumière met en jeu le phénomène chimique ; elle réalise le travail préliminaire, indispensable pour déterminer la plupart des réactions. Mais ce n'est pas elle qui effectue le travail principal, c'est-à-dire qu'elle ne produit pas la chaleur développée dans la réaction. La lumière, en un mot, joue un rôle analogue à celui d'une allumette, qui servirait à incendier un bûcher.

2° *Réactions endothermiques.* — Au contraire c'est la lumière, ou plus précisément l'*acte de l'illumination*, qui effectue le travail nécessaire pour décomposer le chlorure d'argent en chlore et argent libre (ou sous-chlorure) ; le protoxyde de mercure, en bioxyde et mercure métallique. De même la lumière décompose l'acide carbonique, avec production d'oxygène libre, dans les organes où s'effectue la nutrition végétale.

Il est capital de faire la distinction précédente, toutes les fois que l'on discute le travail chimique de la lumière. Ces notions s'appliquent notamment aux tentatives qui ont été exécutées pour mesurer l'action photochimique ; tentatives dans lesquelles on a pris presque toujours pour base des mesures une réaction exothermique : ce qui est contradictoire avec le but que l'on voulait atteindre.

Par exemple, on a essayé cette mesure en opérant sur un mélange d'hydrogène et de chlore et en déterminant les

quantités d'acide chlorhydrique formées dans des circonstances données. Bien qu'une semblable méthode puisse, à la rigueur et lorsqu'on l'emploie avec une extrême précaution, donner des résultats comparatifs, cependant elle est incorrecte en principe. Les résultats qu'elle fournit sont du même ordre que ceux qu'on obtiendrait si l'on voulait déterminer la quantité de chaleur produite par la combustion du soufre d'une allumette, en pesant le bois brûlé dans le foyer auquel cette allumette communique le feu. En effet, pendant la réunion du chlore avec l'hydrogène, la combinaison développe un travail positif énorme; travail qu'il est impossible de séparer, et même de distinguer du travail de la lumière, lequel est incomparablement plus petit : dès lors comment prétendre mesurer ce dernier?

La même critique est applicable aux essais dans lesquels on a cherché à mesurer le travail photochimique par une réaction d'oxydation, nécessairement exothermique, telle que l'action des persels de fer sur l'acide oxalique et les corps analogues.

Pour arriver à la solution du problème, il faudrait évidemment choisir un phénomène tout différent, c'est-à-dire une combinaison ou une décomposition susceptible de se produire avec absorption de chaleur; en un mot, une réaction dans laquelle la lumière fût la cause efficiente de la réaction. Mais il n'est pas facile de trouver une semblable réaction, surtout si on veut la réaliser dans des conditions telles qu'elle se prête à des mesures comparatives.

En effet, on rencontre ici une nouvelle difficulté. Les diverses radiations lumineuses, nous venons de le dire, ne sont pas également efficaces pour produire un même phénomène chimique : chacune d'elles produit un certain effet, à l'exclusion des autres. Par exemple, la décomposition de

acide carbonique par les parties vertes des végétaux est urtout effectuée au moyen des rayons rouges et jaunes ; andis que la décomposition du chlorure d'argent est surtout effectuée au moyen des rayons violets et ultra-violets. Les résultats obtenus dans l'étude d'une réaction ne sont donc applicables qu'à cette réaction même et aux radiations efficaces pour la produire, mais non aux réactions photochimiques en général.

Ce n'est pas tout : l'énergie des radiations lumineuses absorbées pendant une réaction chimique, n'est pas consommée en totalité par le travail chimique ; car il se produit d'ordinaire quelque échauffement simultané. En outre, et ceci est plus grave, une portion de la lumière reparaît souvent sous la forme de rayons d'une réfrangibilité différente : comme on l'observe dans l'étude des substances fluorescentes, substances spécialement sensibles aux actions photochimiques. Bref, comme il arrive dans la plupart des transformations des forces naturelles, l'énergie de la lumière ne se change pas purement et simplement en énergie chimique ; mais elle éprouve à la fois plusieurs transformations distinctes.

Malgré ces difficultés, il est du plus haut intérêt de posséder quelques mesures capables d'établir une certaine relation entre la force vive perdue par le fluide éthéré et le travail chimique que cette force vive a produit. J'indiquerai dans le second chapitre les essais que j'ai faits dans cette direction, qui se rattache de si près à la connaissance de l'influence de la lumière sur les êtres vivants.

Pour bien définir le problème, passons en revue les principales réactions chimiques déterminées par la lumière, en insistant sur leurs caractères les plus généraux. Ce sont, je le répète, des transformations isomériques, des combinaisons, des décompositions et des réactions plus compliquées.

### I. — *Changements isomériques.*

*Phosphore.* — Le phosphore blanc, placé dans le vide barométrique, émet des vapeurs qui se changent rapidement en phosphore rouge (Berzelius). La réaction s'opère surtout sous l'influence des rayons violets. Elle est exothermique.

*Soufre.* — Le soufre octaédrique, dissous dans le sulfure de carbone et exposé à la lumière solaire, dépose aussitôt du soufre insoluble. Cette réaction est accompagnée par l'absorption des rayons violets et ultra-violets. Évaluée à partir du soufre dissous, elle est exothermique. Avec le soufre octaédrique solide, au contraire, elle serait endothermique; mais elle ne se produit pas dans cet état : résultat qui semble prouver que c'est l'énergie absorbée dans l'acte de la dissolution qui est consommée lors de la transformation.

Les *carbures d'hydrogène* liquides, tels que le styrolène, les carbures solides, et surtout les carbures pyrogénés fluorescents, tels que l'anthracène et divers autres, éprouvent également, sous l'influence de la lumière, et même dans le vide, des changements isomériques et des condensations moléculaires, probablement exothermiques.

*Chlore.* — On a supposé que le chlore éprouvait quelque changement analogue sous l'influence de la lumière; le chlore insolé devant posséder une activité plus grande que celle du chlore ordinaire : ce qui ne paraît pas exact. En effet, MM. Fremy et E. Becquerel ont montré que cette différence ne se produit pas avec le chlore sec, mais seulement avec le chlore humide ; c'est-à-dire qu'elle est due à la présence de quelques traces des oxydes du chlore, formés aux dépens de l'eau. Mes propres expériences, relatives à la dissolution du chlore dans l'eau (*Annales de chimie et de*

*physique*, 5e série, tome V, page 318) concordent avec cette interprétation.

## II. — *Combinaisons.*

L'union du *chlore* avec l'*hydrogène libre* est l'exemple le plus connu et le plus étudié, parmi les combinaisons que la lumière provoque. On sait que cette réaction, découverte par Gay-Lussac et Thenard, s'opère instantanément sous l'influence de la lumière solaire, ou de la lumière électrique, ou de la lumière du magnésium. La lumière diffuse la provoque aussi, mais lentement; tandis que la même combinaison n'a pas lieu dans l'obscurité absolue. L'effet du travail préliminaire développé ici par la lumière est analogue à celui d'un échauffement voisin de 100 degrés. L'effet de la lumière n'est pas dû d'ailleurs à l'échauffement lui-même, comme on peut le constater en maintenant les gaz refroidis pendant la réaction.

On peut étudier de plus près le phénomène, en opérant avec une lumière très faible; comme MM. Bunsen et Roscoe l'ont fait, dans une longue et intéressante série d'expériences. Ce phénomène est produit surtout par la lumière violette, et il est accompagné d'une certaine absorption de la lumière : absorption facile à constater, en agissant comparativement avec un mélange de chlore et d'air renfermant la même dose de chlore.

Quand l'intensité de la lumière est très faible, l'effet chimique lui est sensiblement proportionnel. Mais la proportionnalité doit cesser et cesse en effet dès que l'intensité lumineuse augmente. Cette diversité d'effets est comparable à l'influence que l'échauffement, soit modéré, soit énergique, exerce sur la vitesse des réactions exothermiques.

Cependant, même dans ces conditions, l'action chimique, lente au début, s'accélère ensuite peu à peu.

La présence des gaz étrangers ralentit l'action; et elle la

ralentit suivant une proportion spéciale à chacun d'eux : ce qui démontre leur influence sur le travail préliminaire qui détermine la combinaison. Ainsi la présence d'un centième de chlore double presque la durée de la combinaison d'un poids donné de chlore et d'hydrogène. Trois millièmes d'hydrogène en excès rendent cette durée triple. Un demi-centième d'oxygène la rend dix fois plus lente ; tandis que quelques millièmes de gaz chlorhydrique sont sans influence.

Le *chlore* n'agit pas seulement sur l'hydrogène libre, mais aussi sur l'*hydrogène combiné*. C'est ainsi qu'il *décompose l'eau* sous l'influence de la lumière, en dégageant de l'oxygène, avec développement de $+ 4^{\text{Cal}},8$ pour chaque équivalent d'oxygène mis à nu. Cependant une partie de cet oxygène s'unit en même temps au chlore, en formant de l'acide hypochloreux et d'autres oxacides du chlore.

Toutes ces réactions du chlore sont exothermiques, la lumière ne faisant que les déterminer, sans y apporter d'énergie propre.

*A fortiori*, en sera-t-il de même en général des *oxydations* produites par le chlore *en présence de l'eau* ; oxydations où la lumière joue parfois un rôle nécessaire, pour les provoquer, ou pour les accélérer.

De même le *chlore* n'agit pas à froid sur les *carbures d'hydrogène* et sur les composés organiques, si ce n'est sous l'influence de la lumière; les effets chimiques qui en résultent sont toujours exothermiques. Ces effets varient d'ailleurs suivant l'intensité de la lumière, précisément comme il arrive dans les effets provoqués par l'acte de l'échauffement. Ainsi le *formène mêlé de chlore*, à volumes égaux, et exposé au soleil, produit aussitôt de l'acide chlorhydrique et du charbon :

$$CH^4 + 2\,Cl^2 = C + 4\,HCl;$$

ce qui dégage + 69 Calories.

Mais si l'on modère l'action, en opérant à une lumière diffuse convenablement réglée, on obtient la substitution de l'hydrogène par le chlore à volumes égaux, et la formation régulière de l'éther méthylchlorhydrique :

$$CH^4 + Cl^2 = CH^3Cl + HCl, \text{ dégage : } + 32^{Cal},1.$$

Dans le cas du formène, comme dans celui de l'hydrogène, on arrive à modérer l'action, en mêlant le formène avec un grand volume de gaz inerte, tel que l'acide carbonique. Ceci tend à prouver que la destruction brusque, produite par une lumière intense, est due à un échauffement local, développé sur un point et capable de provoquer l'inflammation du reste ; c'est-à-dire que la diversité des effets serait attribuable, non à l'action lumineuse elle-même, mais à l'échauffement qu'elle provoque, directement ou indirectement.

Des effets analogues s'observent sur les autres corps hydrocarburés, quoique avec des circonstances propres à chacun d'eux. Ainsi l'*acétylène* et le *chlore*, mêlés à volumes égaux, détonent aussitôt sous l'influence de la lumière diffuse :

$$C^2H^2 + Cl^2 = C^2 + 2\,HCl, \text{ dégage : } + 102 \text{ Calories.}$$

Néanmoins, sous l'influence d'une lumière extrêmement affaiblie, ou par le mélange d'un grand volume d'un gaz étranger, on peut obtenir le chlorure d'acétylène, $C^2H^2Cl^2$.

L'*éthylène* et le *chlore* forment de même au soleil, en s'enflammant, du charbon et de l'acide chlorhydrique :

$$C^2H^4 + 2Cl = C^2 + 4\,HCl, \text{ dégage : } + 73^{Cal},4;$$

Tandis que, sous l'influence de la lumière diffuse, ils se combinent tranquillement, avec production d'un chlorure liquide $C^2H^4Cl^2$ : c'est la liqueur des Hollandais. Cette réaction dégage seulement $+ 55^{Cal},6$.

Citons enfin, comme dernière réaction du chlore provoquée par la lumière, celle du *gaz chloroxycarbonique*, appelé par Davy *gaz phosgène*, à cause des conditions de sa formation :

$$CO + Cl^2 = COCl^2.$$

Elle se fait sous l'influence de la lumière solaire directe et elle est bien plus lente à la lumière diffuse. Mais aussi cette réaction dégage-t-elle seulement + 18 Calories, chiffre bien inférieur aux précédents.

La lumière intervient pour provoquer à froid l'union du *brome* et de l'*hydrogène*, mais à la condition d'être concentrée par une lentille. L'action de la vapeur du brome sur beaucoup de composés hydrocarburés est aussi activée par la lumière. Ce sont là toujours des réactions exothermiques; mais la chaleur dégagée est moindre qu'avec le chlore : ce qui explique pourquoi l'accélération des réactions est moins considérable.

Avec l'*iode* et l'*hydrogène*, cette diversité d'effets, attribuable à la nature et à la valeur thermique des réactions, est bien plus manifeste. J'y reviens plus loin.

Que l'*action de l'oxygène libre* et sa combinaison avec les autres corps soient provoquées ou accélérées, dans un grand nombre de cas, par la lumière, c'est ce qui résulte des observations relatives au blanchiment des étoffes, exposées à l'air et à la lumière ; ainsi que des faits connus sur la destruction lente ou rapide des matières colorantes, soumises à l'influence du soleil, sur l'oxydation des huiles volatiles et des huiles grasses, sur la maturation des fruits, sur la respiration végétale, etc. Tous ces phénomènes sont exothermiques, c'est-à-dire que la lumière y joue simplement le rôle d'agent provocateur.

Les oxydations ont lieu souvent de préférence sous l'in-

fluence de rayons bleus ou violets. Cependant les solutions de sulfate ferreux s'oxydent plus vite dans le rouge que dans le violet. Il n'y a donc là rien de tout à fait spécial à une certaine espèce de rayons lumineux. En effet, l'observation a prouvé que toutes les radiations sont efficaces pour provoquer des oxydations ; chaque groupe de radiations répondant à quelque substance oxydable parmi l'infinie variété des composés chimiques. Rappelons cependant qu'en général une matière colorante végétale tend à être détruite par les rayons lumineux de couleur complémentaire, c'est-à-dire par ceux qu'elle absorbe.

Ce que fait l'oxygène libre, l'*oxygène combiné* le réalise souvent plus aisément. Ainsi l'acide chromique, l'acide azotique, les sels ferriques, les sels d'urane, les sels d'or, de platine, d'argent, oxydent une multitude de corps sous l'influence de la lumière. Ils les oxydent avec dégagement de chaleur, en étant ramenés eux-mêmes, soit à l'état d'oxydes inférieurs, soit même à l'état métallique.

La photographie repose en grande partie sur ce genre de réactions. En les appliquant à la production des images, les adeptes de cet art ont observé une multitude d'effets curieux, tels que ceux des *agents révélateurs*, des *agents continuateurs*, du *renforcement*, etc. Mais nous devons nous borner à signaler ces phénomènes, qu'aucune théorie photochimique générale n'a encore reliés les uns aux autres.

Nous pouvons dire cependant que toutes les réactions oxydantes provoquées par la lumière sont exothermiques. La lumière y joue le rôle d'agent déterminant ; mais ce n'est pas elle qui effectue le travail chimique proprement dit.

### III. — *Décompositions.*

Passons en revue les décompositions les plus importantes provoquées par la lumière, afin d'en signaler les caractères généraux

Telle est la décomposition du *gaz iodhydrique*, décomposition qui sera étudiée plus loin. Divers composés organiques iodés, les *éthers iodhydriques*, par exemple, sont aussi décomposés par la lumière, avec mise en liberté d'iode, formation de carbures d'hydrogène,

$$2\,CH^3I = C^2H^6 + I^2, \text{ dégage : } +5^{Cal},1,$$

et de divers produits secondaires. Cette réaction s'exerce surtout sur la vapeur des éthers iodhydriques traversée par un rayon de lumière solaire, comme l'a montré Tyndall. La présence de l'oxygène, ou des corps oxydants, l'accélère, ainsi qu'on l'observe avec l'acide iodhydrique, même très étendu.

Le même hydracide concentré est également réduit sous l'influence simultanée de la lumière et d'un grand nombre de corps hydrogénables, principalement de corps oxygénés : ce qui s'explique, parce que les deux ordres de réactions, oxydation de l'acide iodhydrique et hydrogénation du composé antagoniste, dégagent également de la chaleur. En vertu de cette double réaction, l'acide iodhydrique attaque très énergiquement une multitude de substances organiques, avec mise en liberté d'iode ; l'iode peut à son tour, avec le concours de l'eau, exercer diverses actions oxydantes. Tout cela a lieu dès la température ordinaire, et surtout sous l'influence de la lumière.

Les mêmes réductions et oxydations peuvent aussi être effectuées au moyen des iodures solubles. Les actions oxydantes ou réductrices de ces corps sont cependant plus

limitées, parce que la séparation de l'iode, combiné dans l'iodure soluble, si elle avait lieu isolément, répondrait presque toujours à la séparation de l'alcali, et par suite à une consommation d'énergie ; à l'inverse de ce qui se passe avec l'acide iodhydrique libre. Il faut donc en général que la réaction simultanée dégage une quantité de chaleur compensatrice et plus considérable.

Arrivons au groupe des *sels haloïdes de l'argent*, qui sont les principaux agents dans la production des images photographiques.

Ils peuvent se décomposer en leurs éléments. Ainsi les chlorure, bromure, iodure d'argent, exposés à la lumière, deviennent violets, avec mise en liberté d'une certaine dose de l'élément électro-négatif, chlore, brome, ou iode.

La plupart de ces effets sont produits surtout par la lumière violette et par les rayons les plus réfrangibles. Cependant on observe ici des nuanees remarquables : le bromure est impressionné par des rayons moins réfrangibles que le chlorure ; et l'iodure paraît spécialement sensible aux agents révélateurs.

Ces réactions offrent une circonstance remarquable, attendu qu'elles exigent pour se produire une certaine consommation d'énergie, fournie par la lumière. J'y reviens plus loin.

La *réduction des sels métalliques d'argent*, *d'or*, *platine*, *mercure*, *cuivre* à la lumière s'opère bien plus nettement *en présence des corps oxydables ou chlorurables*, et spécialement des composés organiques : conditions où les réactions sont au contraire exothermiques.

On a observé ici des particularités intéressantes, mais qu'il serait trop long d'exposer en détail, à cause de leur caractère plutôt empirique que théorique. On les trouvera dans les Traités de photographie.

La décomposition de l'acide azotique par la lumière sera examinée dans le chapitre suivant. Je signalerai seulement ici la décomposition spontanée des composés nitrés, réaction qui se poursuit souvent, en vertu d'une série de réactions qui continuent dans l'obscurité, après que la transformation a été commencée à la lumière. Pour peu que la masse soit considérable, sa température peut ainsi s'élever, et la métamorphose se termine quelquefois par de violentes explosions.

Le signe chimique de la première décomposition n'est pas bien connu dans cette circonstance ; mais celles qui suivent sont exothermiques, en raison de l'action oxydante produite par les oxydes de l'azote sur la matière organique.

Il nous reste à parler d'une action photochimique fondamentale : la ***décomposition de l'acide carbonique par les végétaux.*** Cette décomposition s'effectue sous l'influence de la lumière solaire. Elle est endothermique. Elle a lieu principalement sous l'influence des rayons compris entre le jaune et le vert ; le bleu et le violet étant sans action, et le rouge intense presque inefficace (Draper, Cailletet). Elle est due à la chlorophylle contenue dans les feuilles des végétaux, et elle est produite par les rayons mêmes que cette chlorophylle absorbe (1) : ce qui est conforme à une loi photochimique très générale et déjà signalée. Disons enfin que la décomposition de l'acide carbonique, une fois commencée, semble continuer encore quelque temps dans l'obscurité.

La décomposition de l'acide carbonique par les végétaux produit un volume d'oxygène à peu près égal à celui du gaz absorbé. Ce qui paraît devoir s'expliquer de deux manières : attendu que l'acide carbonique est décomposé en même temps que l'eau, avec formation d'oxygène libre et d'un hydrate

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 355.

de carbone : cet élément demeurant uni aux éléments de l'eau, sous la forme de cellulose, dextrine, gomme, etc., substances dont l'énergie est supérieure à la somme de celles de l'eau et du carbone.

$$6(CO^2 + H^2O) = C^6H^{12}O^6 + 6\ O^2.$$

On pourrait admettre que l'oxyde de carbone et l'hydrogène, ainsi produits, s'associent à l'état naissant, pour constituer les hydrates de carbone ; une association semblable ayant lieu, d'après mes expériences, sous l'influence de l'effluve électrique (1). La chaleur absorbée serait alors, pour chaque molécule d'acide carbonique détruite, égale à $113^{Cal},2$.

Telle est la mesure de l'énergie fournie par la radiation solaire pendant la nutrition végétale ; énergie qui joue un rôle capital dans l'économie générale de la vie à la surface de la terre. En effet, c'est aux dépens de cette énergie, emmagasinée dans les végétaux, que la vie animale peut ensuite se développer. Telle est aussi l'origine de l'énergie de la plupart des machines motrices que la civilisation met en œuvre, à l'aide du travail des animaux, ou de la combustion du charbon fossile, condensé autrefois dans les végétaux, aux âges géologiques.

Le mécanisme précis suivant lequel l'énergie de la lumière est ainsi transformée dans les végétaux, de façon à déterminer la décomposition de l'acide carbonique et la fixation du carbone, ne nous est pas bien connu. Observons toutefois qu'il existe une certaine analogie entre les effets chimiques de la lumière développés dans cette circonstance, et ceux de l'effluve électrique, ainsi que je viens de le rappeler.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XVI, p. 22.

## CHAPITRE II

### OBSERVATIONS RELATIVES A L'ACTION DE L'OXYGÈNE SUR LE SULFURE DE CARBONE ET A L'INFLUENCE CHIMIQUE DE LA LUMIÈRE. — TRAVAIL PRÉLIMINAIRE QUI DÉTERMINE LES RÉACTIONS PHOTOCHIMIQUES.

J'ai fait quelques observations relatives à l'action que l'oxygène exerce sur le sulfure de carbone, à la température ordinaire et sous l'influence de la lumière. Cette action soulève divers problèmes de Mécanique chimique.

En effet, on sait comment l'action de l'oxygène sur le sulfure de carbone s'exerce directement, à partir de la température de 200° environ, avec inflammation. En présence d'un excès d'oxygène et provoquée par une étincelle, elle est immédiate, explosive ; la totalité du composé se changeant en acides carbonique et sulfureux, c'est-à-dire dans les produits qui répondent à ce maximum thermique vers lequel tend toute réaction chimique.

Mais l'oxydation du sulfure de carbone commence-t-elle à s'effectuer, soit dès la température ordinaire, en général, soit dans des conditions spéciales ? D'une façon complète, ou partielle ? Avec formation des produits d'une combustion totale, ou intermédiaire ?

Ce sont là des questions d'autant plus intéressantes qu'elles comprennent celle de la nécessité d'un travail préliminaire, susceptible de déterminer l'action chimique, lorsque celle-ci dégage par elle-même de la chaleur : c'est ce travail prélimi-

naire dont j'ai mis le rôle en évidence depuis longtemps (1) et dont l'étude a fait depuis, sous des dénominations diverses, l'objet des recherches de beaucoup de chimistes et de physiciens. Le cas de l'oxydation du sulfure de carbone mérite d'autant plus notre attention que le travail préliminaire, accompli dans cette réaction sous l'influence de la lumière, dépend de l'intensité de celle-ci, non seulement comme grandeur, mais comme existence même.

En fait, les expériences que j'ai réalisées et que je vais résumer établissent, en premier lieu, que l'oxydation directe et exothermique du sulfure de carbone gazeux, par l'oxygène, n'a pas lieu d'une façon appréciable à la température et à la pression ordinaires, sous l'influence de la lumière diffuse, agissant dans une pièce bien éclairée, même dans l'espace d'une année. Il est donc établi tout d'abord, dans le cas présent, qu'une telle oxydation exige un certain travail préliminaire.

Or, il en est tout autrement, comme on sait, dans le cas de la plupart des réactions protochimiques. Par exemple, l'union du chlore et de l'hydrogène, pour former le gaz chlorhydrique, commence déjà à s'opérer sous l'influence de la lumière diffuse la plus faible, et même de la lueur émise par une brique rougie au feu ; elle croît avec l'intensité de l'éclairage, ainsi que l'ont constaté Gay-Lussac et Thenard, dans des recherches détaillées qui remontent au commencement de ce siècle. On connaît les études approfondies de Bunsen à cet égard. L'oxydation du sulfure de carbone, au contraire, n'a pas lieu sous de faibles intensités lumineuses.

(1) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 6 ; cet exposé résume les cours et publications que j'avais faits depuis 1864 sur la même question. — *Voir* notamment sur la *température initiale* des réactions mes *Leçons du Collège de France*, *Revue des Cours scientifiques*, 17 juin 1865. p. 474.

Dans le cas de cette oxydation, je rappellerai qu'un travail préliminaire analogue est susceptible d'être accompli par le concours des énergies calorifiques, c'est-à-dire par une élévation convenable de température, telle que celle qui porte le mélange combustible vers 200°, et probablement dès une température moins élevée. Il en est de même, comme on sait, d'un grand nombre d'autres oxydations, provoquées par les énergies calorifiques (1). On a même proposé de définir ce travail préliminaire par la température initiale qui provoque la réaction : définition souvent difficile à réaliser en fait, parce que l'action débute avec une vitesse presque insensible, et que ses commencements sont influencés par la pression des gaz, et plus encore par la nature des parois des vases et autres corps en contact avec les matières réagissantes (2).

Mais, dans le cas du sulfure de carbone et de l'oxygène, il s'agit d'un travail préliminaire, accompli à la température ordinaire, sous l'influence des énergies lumineuses. Or celles-ci ne deviennent efficaces, dans le cas du sulfure de carbone, que si l'on recourt à une lumière suffisamment intense, telle que celle de la radiation solaire directe, radiation dont la composition spectroscopique ne diffère guère de celle de la lumière diffuse ; la différence résidant surtout dans l'intensité. En fait, et j'y insiste, ce que la lumière diffuse n'a pas fait au bout d'une année, la radiation solaire directe le détermine au bout de quelques heures, et même presque immédiatement.

Cependant, le développement de l'oxydation, dans ces con-

(1) *Essai de mécanique chimique*, t. II, p. 7. — *Leçons du Collège de France*, 1865.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XIII, p. 30 : *Sur les débuts de la combinaison entre l'hydrogène et l'oxygène.*

ditions, est lent, — quoiqu'il s'agisse d'un système homogène, entièrement gazeux, — et il se poursuit d'une façon progressive, en formant à la fois des gaz et des solides. Il est d'ailleurs incomplet, c'est-à-dire qu'il n'atteint pas tous les degrés d'une oxydation totale, et il demeure partiel, même au bout d'une année.

Analysons plus en détail ces divers phénomènes.

1° L'action déterminante que la lumière solaire met en jeu dans l'oxydation du sulfure de carbone, représente un effet très général, celui de la lumière, pour provoquer les oxydations : effet si manifeste en photographie et dans une multitude de réactions chimiques d'ordre minéral ou organique. Dans le cas particulier que nous examinons, l'action n'a pas lieu dans l'obscurité et elle est congénère de celle que la lumière exerce, tant sur le sulfure de carbone pur, que sur le soufre mis en présence de ce sulfure.

En effet, on sait que le sulfure de carbone pur, sous l'influence de la lumière, est décomposé partiellement en soufre libre et sous-sulfure brun marron, étudié par Loew et par Sidot. On sait également que le soufre dissous dans le sulfure de carbone se précipite à l'état de soufre insoluble, sous l'influence de la lumière solaire (Lallemand); ou bien encore, d'après mes propres recherches, sous l'influence de la lumière électrique.

Ce sont des phénomènes analogues qui se produisent sur un mélange de sulfure de carbone et d'air, avec cette différence essentielle qu'il y a, dans le dernier cas, oxydation, c'est-à-dire fixation d'oxygène, ainsi que je l'établirai plus loin.

2° Cette oxydation lente n'arrive pas d'ailleurs à son terme ; mais, comme il arrive en général dans les cas de

cet ordre, elle s'arrête à des produits incomplets et en partie polymérisés. En effet, on observe la production simultanée de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, du soufre libre, d'un oxysulfure de carbone fixe, c'est-à-dire à formule condensée, et des sulfates alcalins (formés avec le concours des alcalis du verre).

3° La réaction photochimique actuelle offre à cet égard quelque analogie avec l'action de l'effluve électrique. Cependant elle n'est pas accompagnée, comme cette dernière, par une fixation notable d'azote libre sur le sulfure de carbone. J'ai vérifié cette différence, tant en opérant avec un mélange d'air et de sulfure de carbone, qu'avec un mélange gazeux d'azote pur et de sulfure de carbone, exposé partiellement à l'action de la radiation solaire directe : tout au plus reconnaît-on des traces d'une semblable fixation. Le détail des analyses sera donné plus loin.

4° Non seulement l'oxydation du sulfure de carbone, sous l'influence de la lumière, ne donne pas lieu uniquement à des produits extrêmes, mais elle est partielle : un cinquième seulement de l'oxygène présent étant consommé au bout d'une année, tandis que les quatre cinquièmes de cet élément subsistent, en présence de plus des deux tiers du sulfure de carbone inaltéré.

5° Ce caractère partiel de la réaction n'est pas attribuable à un équilibre chimique proprement dit, entre les composants et leurs composés, demeurés en présence. Il est dû, en réalité, à un changement purement physique des conditions du phénomène ; car il s'explique parce que les produits formés tout d'abord constituent à la surface intérieure du verre des ballons qui contiennent le mélange, une couche susceptible d'arrêter les radiations qui les ont produites, en les absorbant : conformément à une loi connue des actions

photochimiques, qui se limitent ainsi par le fait même de leur exercice ; loi dont les analogues se retrouvent dans bien d'autres phénomènes, notamment, en Physiologie, dans l'étude des venins et des toxines.

Ainsi l'oxydation du sulfure de carbone est déterminée à la température ordinaire par le travail préliminaire des énergies lumineuses.

6° Mais, ainsi que je l'ai dit en commençant, on observe dans cette réaction une circonstance fondamentale, à savoir que ce travail préliminaire exige, pour commencer, l'intervention d'une radiation lumineuse suffisamment intense, telle que celle de l'action solaire directe. Celle-ci provoque le phénomène en quelques heures, et le commence même presque immédiatement; tandis que la lumière diffuse ne donne lieu à aucun effet appréciable, *même au bout d'une année.* L'effet n'est donc pas simplement proportionnel à l'intensité lumineuse, contrairement à ce qui arrive pour la combinaison du chlore et de l'hydrogène.

Ce sont là d'ailleurs des circonstances qui se présentent lors de l'exercice de tous les genres d'énergie susceptibles de déterminer l'action chimique. Ainsi les énergies calorifiques ne commencent à intervenir, dans toutes les réactions connues, qu'à partir d'une certaine température, variable suivant les cas, depuis des températures voisines de — 200° jusqu'à la température rouge, et au delà.

Les énergies électriques donnent lieu à la même observation ; je l'ai établi notamment pour les formations de l'ozone et des oxydes de l'azote, aux dépens de l'air soumis à l'influence des effluves : l'ozone se produit seul, lorsque l'effluve est déterminé par l'influence de tensions faibles ; tandis que les oxydes de l'azote apparaissent seulement à partir de tensions notables et se développent surtout par l'action plus

énergique de l'étincelle directe (1). Ces expériences ont été reproduites tout récemment en Angleterre. Elles ont quelque importance pour la préparation industrielle de l'ozone pur.

Les faits que j'expose en ce moment montrent que les énergies lumineuses se conforment au même principe.

On peut assimiler l'effet de ces différentes énergies, dans les réactions exothermiques, à celui d'un agent, mécanique, employé pour déterminer par traction la rupture d'un solide: il faut que la tension dépasse les limites d'élasticité pour produire une déformation permanente du système. Une telle conclusion s'applique même aux systèmes liquides, comme le montrent : soit les phénomènes de saturation, de surfusion, de retard dans l'ébullition; soit les phénomènes relatifs à la dilatation forcée des liquides, maintenus dans un vase qu'ils continuent à remplir entièrement et à volume sensiblement constant, pendant une certaine période de leur refroidissement (2).

Je vais préciser ces notions générales, en résumant mes observations sur l'oxydation du sulfure de carbone.

On prend un ballon de $2^{\text{lit}},5$ à 3 litres, rempli d'air : on y introduit une ampoule scellée de verre mince, contenant un poids de sulfure de carbone voisin de 1 gramme, poids susceptible de se vaporiser entièrement dans la capacité du ballon, à la température de 15° : il occuperait environ un tiers de litre, avec sa tension normale. En effet, la tension connue du sulfure de carbone est de $0^{\text{m}},198$ à 10° ; ce qui représente environ $0^{\text{gr}},86$ pour la quantité réduite en vapeur dans un espace clos de 1 litre, vide ou rempli d'air à l'avance. On voit par là que l'air des ballons, dans les conditions de mes essais, n'était guère qu'au tiers de la saturation. L'oxygène de cet

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, 1877, p. 443.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXX, 1850, p. 232.

air ne serait pas d'ailleurs suffisant pour une oxydation totale du poids de sulfure de carbone employé, laquelle exigerait environ 5 litres d'air pour sa transformation complète en acides carbonique et sulfureux :

$$CS^2 + 3\,O^2 = CO^2 + 2\,SO^2.$$

En présence de l'eau, il faudrait un tiers de plus d'oxygène, le soufre étant changé en acide sulfurique étendu

$$CS^2 + 4\,O^2 + 2\,H^2O = CO^2 + 2\,SO^4H^2.$$

Cela fait, on étrangle le col du ballon ; on le laisse refroidir, on le scelle à la lampe ; puis on brise l'ampoule par des secousses ménagées.

On a préparé trois ballons de ce genre, le 18 mars 1897. Deux ont été placés sur une table du laboratoire, en un endroit bien éclairé, mais que les rayons solaires directs ne pouvaient pas atteindre. Le troisième a été déposé sur le toit du laboratoire, de façon à recevoir au contraire l'action directe du soleil (sauf les radiations absorbées par le verre, bien entendu).

L'expérience a été continuée jusqu'au 31 mars 1898 et j'en ai examiné les produits.

1. Ballon conservé sur la table du laboratoire, dans un endroit bien éclairé, mais complètement à l'abri des radiations solaires directes : $CS^2 = 1^{gr},055$.

Au bout d'une année, la surface intérieure était restée nette et transparente. Pas trace de soufre déposé. On extrait un certain volume de gaz avec la pompe à mercure. Pas d'acide carbonique. On absorbe la vapeur du sulfure de carbone avec un fragment de potasse imbibé d'alcool ; puis on élimine les vapeurs d'eau et d'alcool par $SO^4H^2$.

| | |
|---|---|
| Composition du gaz restant............... | O = 20,7 |
| | Az = 79,3 |

**2. Ballon semblable, traité de même : $CS^2 = 1^{gr},14$.**
**Ni soufre libre, ni $CO^2$.**

| | |
|---|---|
| Composition du gaz restant................ | O = 20,9 |
| | Az = 79,1 |
| Moyenne des deux expériences........... | O = 20,8 |
| | Az = 79,2 |
| | 100,0 |

D'après ces analyses, l'oxygène n'a pas été absorbé d'une façon appréciable, ni le sulfure de carbone altéré sous l'influence de la lumière diffuse, continuée pendant une année.

Je suis arrivé au même résultat en opérant avec le thiophène $C^4H^4S$, au lieu de sulfure de carbone; $2^{gr},086$ de ce composé ayant été placés dans un ballon de $2^{lit},5$, plein d'air, et conservé dans le même laboratoire, à la lumière diffuse. Au bout d'une année, l'air intérieur a offert la composition suivante : O = 20,9; Az = 79,1.

3. Ballon semblable, de $2^{lit},50$, contenant du sulfure de carbone et de l'air, exposé à la radiation solaire directe sur un toit. L'air circulait librement tout autour du ballon : $CS^2 = 1^{gr},070$.

Il s'est formé, dès les premières heures d'insolation, à la surface intérieure du ballon, un dépôt blanchâtre, ou blanc jaunâtre, qui a augmenté progressivement. Au bout d'une année, j'ai analysé les gaz et les produits solides.

A. *Gaz*. — On a dosé la vapeur d'eau par $SO^4H^2$ ;

L'acide carbonique par KOH imbibée d'eau;

Le sulfure de carbone par KOH mouillée avec de l'alcool;

Puis on a éliminé la vapeur d'alcool par $SO^4H^2$.

On a alors dosé l'oxygène par le chlorure chromeux et l'oxyde de carbone par le chlorure cuivreux;

Et l'on a constaté que le résidu (purifié par KOH mouillée)

e contenait aucun gaz combustible, en le traitant par un mélange d'oxygène et de gaz tonnant.

Voici le résultat de cette analyse :

| | | |
|---|---|---|
| $CO^2$ | = | 1,5 |
| $CS^2$ | = | 8,5 |
| CO | = | 2,3 |
| O | = | 14,7 |
| Az | = | 72,0 |
| Vapeur d'eau | = | 1,0 |
| | | 100,0 |

Température. 10° } au moment de la clôture du ballon.
Pression..... $0^m,766$ }
Volume intérieur du ballon, jaugé par pesée d'eau......... $2^{lit},50$

D'après cette analyse, il subsistait une dose considérable de sulfure de carbone : soit, d'après le rapport entre sa tension et celle de l'azote dans le gaz final : $0^{gr},761$. Il en a disparu $0^{gr},309$, un peu moins du tiers.

Le rapport entre l'azote et l'oxygène dans le gaz final était 72,0 : 14,7;

Au lieu du rapport de l'air normal : 72,0 : 19,0.

Il en résulte une absorption de 4,3 centièmes d'oxygène; soit pour 100 volumes d'air pur : 4,7 centièmes de l'oxygène initial; c'est-à-dire pour $2^{lit},50$ d'air, renfermant un centième de vapeur d'eau, 116 centimètres cubes d'oxygène. D'après les pressions et températures observées, cela fait $0^{gr},160$ d'oxygène entré en combinaison.

La formation de l'acide carbonique et de l'oxyde de carbone ayant consommé $0^{gr},028$ de cet oxygène, le surplus a été employé sous d'autres formes : une petite quantité a concouru à former un oxysulfure solide, dont il va être question, et le surplus, soit $0^{gr},132$, a constitué des sels fixes, sulfates et carbonates, aux dépens des alcalis du verre du ballon, sels susceptibles d'être constatés.

D'autre part, l'acide carbonique libre et l'oxyde de carbone

contiennent une dose de carbone égale sensiblement au tiers de celle du sulfure de carbone inaltéré; c'est-à-dire qu'ils représentent $0^{gr},251$ de sulfure de carbone détruit, dont le soufre se retrouve, en partie à l'état libre, en partie à l'état de sulfate.

On remarquera la formation de l'oxyde de carbone dans une oxydation effectuée à froid par l'oxygène libre.

B. Passons à l'examen des *matières solides* :

La substance blanchâtre qui tapisse le ballon, y adhère fortement. Chauffée dans un tube fermé par un bout, elle développe une vapeur à odeur alliacée, du soufre, qui se volatilise, et une matière charbonneuse, qui reste au fond.

On a traité la substance blanchâtre par du sulfure de carbone : une portion s'est dissoute, mais la majeure partie est demeurée insoluble et amorphe.

Je rappellerai que le soufre dissous dans le sulfure de carbone se change en soufre insoluble, sous l'influence de la lumière solaire. Mais cette substance est ici mélangée avec un sous-sulfure de carbone rouge brun, produit sous la même influence, aux dépens du sulfure de carbone lui-même. La majeure partie du soufre résultant de la destruction du sulfure de carbone demeure ainsi adhérente au vase, tandis qu'une portion plus faible entre en dissolution.

L'évaporation spontanée lente (dans un vase profond) de la liqueur sulfocarbonique a laissé des granules sphéroïdaux amorphes, hérissés de fines aiguilles, et renfermant quelques traces de sous-sulfure rouge brun : le tout pesait $0^{gr},15$.

On l'a introduit dans un tube de verre que l'on a scellé, après y avoir fait le vide avec la trompe à mercure, et l'on a chauffé le tube au rouge sombre, avec précaution.

Voici comment cette opération a été exécutée. On a chauffé d'abord le fond du tube par une petite flamme; ce

qui a fourni un résidu charbonneux et un sublimé, mélange de soufre et d'un principe sulfuré. L'opération a été répétée sur ce sublimé, et a donné un second produit semblable, condensé plus haut. On a répété une troisième fois ces opérations successives, de façon à compléter autant que possible la décomposition. En définitive, on a obtenu ainsi :

| | gr. |
|---|---|
| Soufre sublimé | 0,104 |
| Matière charbonneuse, recueillie autant que possible. | 0,030 |
| Acide carbonique (séparé avec la trompe à mercure en rompant la pointe du tube) | 0,0024 |
| | 0,1364 |
| Sulfure de carbone et substances non dosées | 0,0136 |

On voit que ce produit renfermait, à l'état combiné, du soufre, du carbone et de l'oxygène.

Tels sont les faits observés dans l'oxydation du sulfure de carbone, provoquée par la lumière solaire.

Les notions générales qui en résultent sont applicables à une multitude de réactions chimiques analogues, accomplies entre l'oxygène de l'air et les principes immédiats des plantes, dans le cours de la végétation.

## CHAPITRE III

### SUR LES RELATIONS QUI EXISTENT ENTRE LES ÉNERGIES LUMINEUSES ET LES ÉNERGIES CHIMIQUES

J'ai montré, dans le chapitre premier du présent livre, quelle distinction fondamentale on doit faire entre les réactions photochimiques endothermiques, par lesquelles l'énergie lumineuse est transformée en énergie chimique, et les réactions exothermiques, dans lesquelles l'énergie lumineuse joue simplement le rôle de déterminant auxiliaire ; le travail principal étant accompli par des énergies purement chimiques. Je citerai notamment l'union du chlore et de l'hydrogène, et les oxydations diverses (acide oxalique, sels ferreux, effets de la réduction des sels d'argent et congénères, etc.), oxydations prises à tort par divers auteurs comme mesure des énergies lumineuses. C'est de cette mesure que je me propose de m'occuper dans le présent chapitre.

On est tout d'abord obligé d'écarter, en principe, de la présente recherche les exemples aujourd'hui innombrables des réactions chimiques employées en photographie avec le concours des matières organiques, et souvent aussi en présence de l'oxygène de l'air ; ces réactions étant presque toutes exothermiques, c'est-à-dire les énergies mises en jeu étant d'ordre purement chimique. Il en est de même des actions que la lumière détermine par oxydation et avec formation d'acide carbonique, dans le cours de la vie des végétaux.

Il est dès lors capital de définir et de découvrir une méthode rigoureuse, fondée sur une réaction endothermique accomplie par les énergies lumineuses, et qui permette de mesurer celles-ci et de déterminer rigoureusement le contingent qu'elles apportent incessamment, tant à la vie des êtres organisés qu'à la somme des énergies immanentes du globe terrestre.

Tel est le point de vue qui a dirigé les recherches que je vais exposer sur une série de réactions endothermiques, les unes nouvelles, les autres déjà signalées, mais non définies au point de vue qui nous occupe. J'ai examiné spécialement :

La décomposition de l'acide azotique pur par la lumière solaire, laquelle est endothermique et me paraît fournir les éléments d'une première solution du problème général posé dans les lignes précédentes ;

La décomposition endothermique de l'acide iodique pur ;

La décomposition de l'acide iodhydrique, dont le signe thermique est incertain ;

Les réactions de l'oxygène sur l'iode et sur les hydracides, ainsi que les actions réciproques.

La décomposition endothermique de l'oxyde de mercure, etc.

J'ai fait également quelques observations sur la réduction bien connue du chlorure d'argent.

Il eût été très intéressant de pouvoir définir ces réactions capitales en physiologie, en vertu desquelles s'accomplit la réduction de l'acide carbonique avec dégagement d'oxygène libre, sous l'influence de la matière verte des végétaux. Mais cette réduction, objet de tant de recherches de la part des botanistes, ne donne pas lieu à des réactions chimiques qui soient connues jusqu'ici avec précision et susceptibles

dès lors de fournir une base certaine au calcul de l'énergie emmagasinée.

Toutes mes expériences ont été exécutées à la température ordinaire, sous cette triple condition : lumière solaire directe, lumière diffuse, obscurité. Dans un certain nombre, j'ai cherché à distinguer les effets des diverses radiations, en absorbant quelques-unes d'entre elles par des milieux liquides, tels que l'eau, la benzine, les solutions aqueuses de bichromate de potasse, de sulfate de cuivre ammoniacal, les dissolutions d'iode dans l'iodure de potassium et dans le chloroforme. Les actions ont dû être prolongées pendant plusieurs mois, pour fournir des résultats mesurables.

### I. — *Décomposition de l'acide azotique par la lumière.*

J'ai établi que l'acide azotique, soit pur, soit hydraté, n'est pas décomposé à la température ordinaire dans l'obscurité (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XIII, p. 325). On sait d'ailleurs que l'acide azotique pur jaunit et est décomposé sous l'influence de la lumière solaire. Il en est de même de l'anhydride azotique. Voici quelques expériences, qui définissent avec rigueur l'équation exacte de cette décomposition et son caractère endothermique, jusqu'ici plutôt soupçonné que démontré.

1. L'acide azotique pur et blanc, sans eau, $AzO^3H$, est pesé dans une ampoule, que l'on ferme et que l'on place dans un tube scellé à la lampe, après y avoir fait le vide.

$AzO^3H = 0^{gr},9023$. Capacité vide $= 31^{cc}$. $2^h 20^m$ au soleil, le 2 avril 1898.

Oxygène recueilli sur l'eau $= 11^{cc}$; soit, dans les conditions de l'expérience, $0^{gr},0143$; ou, pour 1 gramme d'acide, $0^{gr},0158$.

Ce poids représente les 12 centièmes de la dose qui répondrait à une transformation totale ; telle que

$$2\,AzO^3H = 2\,AzO^2 + O + H^2O.$$

2. $AzO^3H = 1^{gr},52$. Capacité vide = 32 centimètres cubes. 28 jours (février 1898) d'exposition sur un toit, pendant une période d'éclairage solaire assez actif. Oxygène recueilli, 62 centimètres cubes ; soit $0^{gr},080$ dans les conditions de l'expérience, ou, pour 1 gramme d'acide, $0^{gr},052$ ;

Ce poids représente les 42 centièmes de la dose qui répondrait à une transformation totale. La tension de l'oxygène seul dans le tube était voisine de 2 atmosphères.

3. $AzO^3H = 0^{gr},9847$. Capacité vide, 24 centimètres cubes. Deux mois d'exposition à la lumière solaire (intermittente), du 4 mars au 4 mai 1898. Le nombre d'heures d'insolation a été moindre que dans l'essai précédent. Oxygène recueilli : $30^{cc},6$.

Le gaz ne renferme ni azote libre, ni protoxyde d'azote ; ce qui montre que la réaction est bien la même qu'à 100°. Le poids de l'oxygène, dans les conditions de l'expérience, s'élevait à $0^{gr},0395$ ; soit $0^{gr},040$ pour 1 gramme d'acide, c'est-à-dire les 32 centièmes de la dose correspondant à une transformation totale. L'eau, en totalité, et le peroxyde d'azote, en partie, demeuraient combinés avec l'excès d'acide azotique non décomposé, le surplus du peroxyde étant gazeux. Dans ces conditions, la réaction est endothermique et absorbe en fait (1) une quantité de chaleur comprise entre $-1^{Cal},8$ ($AzO^2$ entièrement dissous dans l'acide azotique) et $-13^{Cal},1$ ($AzO^2$ entièrement gazeux et $H^2O$ combinée avec l'excès de $AzO^3H$).

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XIII, p. 330-331.

C'est ici le moment d'observer que la décomposition de l'acide azotique, pur et sans eau, provoquée par la lumière à la température ordinaire, est la même que celle que la chaleur détermine à 100°, et probablement à une température plus basse ; sans qu'elle ait lieu cependant, à aucun degré appréciable, dans l'obscurité, à la température de 15°.

Ainsi les effets de la lumière sont, dans cette circonstance, comparables à ceux de la chaleur, mais produits à une température plus basse : rapprochement fondamental, car il se retrouve dans la plupart des actions photochimiques.

4. L'acide azotique étendu de plusieurs fois son volume d'eau n'a éprouvé aucune décomposition sous l'influence de la lumière, dans les conditions où j'opérais.

5. L'acide azotique des laboratoires, répondant à la densité 1,365, c'est-à-dire sensiblement à la composition $AzO^3H + 2,5H^2O$, a été exposé à la lumière solaire, pendant quelques semaines (mars 1898). Il a fourni seulement des indices de décomposition, avec dégagement de vapeurs nitreuses ; mais le phénomène est presque insensible.

D'après cet essai, comparé avec l'expérience (2), la limite observée est comprise entre $3AzO^3H + H^2O$ et $AzO^3H + 2,5H^2O$ ; la réaction n'étant pas réversible, du moins en totalité.

L'équilibre qui définit cette limite ne se produit pas entre deux actions chimiques pures, inverses l'une de l'autre, mais entre des énergies chimiques proprement dites et des énergies lumineuses ; ce qui lui imprime un caractère tout particulier. A cet égard, on doit observer que la vapeur nitreuse, produite sous l'influence de la lumière, tend à absorber, suivant une loi générale, les radiations efficaces qui provoquent la décomposition elle-même.

Le ralentissement et l'arrêt du phénomène dépendent

donc de l'existence et de l'épaisseur de cette couche absorbante. Le verre du vase qui renferme le liquide exerce déjà quelque action inhibitoire à cet égard. Ajoutons d'ailleurs que les radiations qui déterminent la décomposition de l'acide azotique sont spéciales, et c'est là une circonstance essentielle à envisager dans toutes les réactions photochimiques.

Pour essayer de me rendre compte de ce genre d'influences, j'ai interposé sur le trajet des rayons lumineux divers milieux absorbants; en opérant toujours avec le concours de la lumière solaire directe, en tant qu'elle s'exerçait sur le toit où les tubes étaient placés. Voici ces expériences.

6. $AzO^3H$ pur $= 0^{gr},8527$. — Tube vide, d'une capacité de 30 centimètres cubes environ. Du 5 mars au 2 avril 1898. Le tube est placé horizontalement.

Oxygène recueilli : $12^{cc},8$ ; soit pour 1 gramme d'acide; ou 15 centimètres cubes, $0^{gr},020$, tout calcul fait.

Cette dose est peu considérable, le nombre d'heures de radiation solaire directe ayant été faible pendant le mois de mars. Mais le résultat est comparatif, les expériences qui suivent étant simultanées et faites avec des tubes juxtaposés au précédent.

7. $AzO^3H$ pur $= 0^{gr},5615$. — Tube semblable au précédent; 5 mars-2 avril 1898. Ce tube a été placé au centre d'un tube de verre mince, concentrique (épais de $0^{mm},5$ environ), et maintenu par deux bagues de fil de cuivre à une distance de 2 millimètres.

L'intervalle a été rempli par déplacement de vapeur nitreuse, formant, d'après ces données, une couche de 2 millimètres d'épaisseur (*fig.* 1). Le tube, étant horizontal, ne subit l'influence du soleil que d'un côté.

Oxygène recueilli : $8^{cc},2$ ; soit pour 1 gramme : $14^{cc},5$, ou $0^{gr},019$.

C'est à peu près le même chiffre que précédemment ; la couche de peroxyde d'azote gazeux ayant sans doute trop

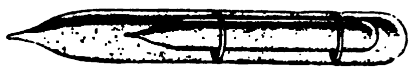


Fig. 1.

peu de masse, sous cette épaisseur, pour exercer une influence notable.

8. $AzO^3H = 0^{gr},8080$. — Tube semblable, entouré de ben-

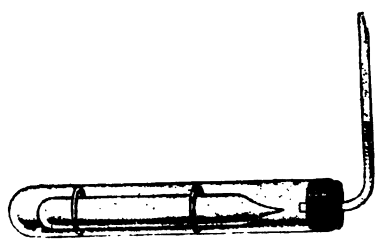


Fig. 2.

zine pure. Oxygène recueilli : 11 centimètres cubes ; soit pour 1 gramme d'acide : $13^{cc},6$ ou $0^{gr},018$ (*fig.* 2).

La benzine a donc transmis les rayons efficaces à peu près comme l'air.

9. $AzO^3H$ pur $= 0^{gr},570$. — Tube semblable (5 mai-2 avril 1898), fixé comme plus haut au centre d'un tube de verre mince concentrique, rempli avec une solution de bichromate de potasse. L'épaisseur de la couche liquide était de 2 millimètres.

Oxygène recueilli : zéro.

Ainsi, cette couche a arrêté complètement les radiations solaires efficaces.

10. $AzO^3H$ pur $= 0^{gr},6265$. — Tube semblable, entouré

par une solution de sulfate de cuivre ammoniacal, très fortement teintée, sans être cependant assez foncée pour rendre le tube intérieur invisible.

Oxygène recueilli, pour 1 gramme d'acide ; $12^{cc},5$ ; soit $0^{gr},017$, valeur à peine plus faible que dans l'air.

Le sulfate de cuivre ammoniacal, qui absorbe les rayons rouges et jaunes, n'a donc pas arrêté les radiations efficaces.

Il résulte de ces expériences que la décomposition endothermique de l'acide azotique est produite principalement par les radiations dites *chimiques*; cette décomposition étant empêchée par la dissolution de bichromate, qui arrête ces radiations, tout en laissant passer les rayons jaunes et rouges. La décomposition de l'acide azotique peut donc servir, jusqu'à un certain point, de mesure aux énergies lumineuses, empruntées aux radiations qui la déterminent, et spécialement aux radiations bleues du spectre. Il en est ainsi parce que cette décomposition présente le caractère endothermique, caractère essentiel pour la mesure chimique des énergies lumineuses.

Observons que si une semblable mesure est rendue possible, c'est que les effets de la lumière s'exercent ici sur un fluide ($Az\ O^3H$) qui les transmet, jusqu'à un certain point, dans son épaisseur; sauf à définir les actions absorbantes spécifiques qu'il peut exercer. Dans tous les cas, la mobilité du fluide et les courants dont il est le siège tendent à amener successivement toutes ses parties dans les régions directement influencées par la lumière. Les effets exercés sur des corps solides, opaques, n'offriraient pas les mêmes avantages, attendu que la lumière ne pénètre pas sensiblement au travers, et parce que leurs particules ne se déplacent pas. Les solides transparents, chimiquement altérables par la lumière, perdent d'ailleurs, dans tous les cas que je connais,

leur transparence sous cette influence; ce qui en limite l'action aux couches superficielles.

Je me suis étendu sur les résultats observés dans la décomposition de l'acide azotique par la lumière, parce qu'ils permettent de concevoir une première solution du problème de la mesure des énergies photochimiques. Je serai plus bref sur mes autres observations, quoique certaines d'entre elles ne soient pas moins intéressantes.

## II. — *Décomposition de l'acide iodique.*

On sait que l'acide iodique pur et cristallisé, tant à l'état d'anhydre, $I^2O^5$, qu'à l'état d'acide normal, $IO^3H$, se conserve sans altération à la lumière diffuse et à la température ordinaire. J'ai trouvé que l'un et l'autre sont, au contraire, lentement décomposés, à la température ordinaire, par la lumière solaire directe; ce qui montre que l'action chimique exercée sur eux commence seulement à partir d'une certaine intensité lumineuse; précisément comme la décomposition du sulfure de carbone par la lumière dans mes essais précédents (p. 402).

L'altération de l'acide iodique cristallisé a lieu aussi bien dans un tube vide, que dans un tube plein d'air. J'opérais sur quelques décigrammes. Au bout de vingt jours (mai et juin 1898), l'iode apparaît et commence à teinter l'acide blanc et pulvérulent. La décomposition continue, avec le temps et l'action solaire, jusqu'à rendre violette toute l'atmosphère du tube. En même temps, j'ai constaté la production de petites doses d'oxygène, représentant en un mois un centième environ décomposé de la matière initiale.

Cependant, au bout d'un mois, la décomposition était encore très faible; comme si elle avait été arrêtée en raison

de l'absorption des radiations efficaces par la vapeur d'iode, et sans doute aussi par la condensation d'une mince couche d'iode solide, à la surface de l'acide iodique inaltéré.

Cette décomposition résulte probablement d'une séparation pure et simple des éléments.

| | | Cal. |
|---|---|---|
| $I^2O^5$ solide $= O^5 + I^2$ gaz | ........................ | $-61,6$ |
| » $+ I^2$ solide | ........................ | $-48,0$ |

De même pour l'acide normal

| | | Cal. |
|---|---|---|
| $2IO^3H$ solide $= O^5 + H^2O$ liquide $+ I^2$ solide | ..... | $-41,8$ |
| » $+ I^2$ gaz | ....... | $-55,4$ |

Ces réactions sont exothermiques, avec des valeurs absolues considérables.

Je rappellerai ici que l'iode ne se combine pas directement à l'oxygène ordinaire, sous l'influence d'une élévation de température, d'après mes expériences (1), même en opérant en vase clos et au bout d'un temps considérable. C'est l'un des exemples les plus nets des réactions exothermiques qu'une simple élévation de température n'effectue pas (2). J'y reviendrai tout à l'heure.

La combinaison a lieu, au contraire, sous l'influence de l'ozone, ou l'effluve électrique.

On peut se demander si, dans la décomposition de l'acide iodique par la lumière, une portion de l'iode ne demeurerait pas à l'état d'acide periodique. Mais cette hypothèse ne saurait s'appliquer à la totalité, puisque j'ai constaté la mise en liberté de l'oxygène dans la réaction. En tout cas, les données manquent pour évaluer exactement la chaleur mise en jeu dans une semblable transformation de l'acide iodique en acide periodique solide, anhydre ou normal. A

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, p. 315.
(2) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 11, 23, etc.

l'état dissous d'ailleurs, la réaction serait endothermique, contrairement à ce qui arrive pour les chlorates changés en perchlorates :

$7 I^2O^5$ dissous $= 5 I^2O^7$ dissous $+ I^2$ solide absorberaient. $-134^{Cal},3$

soit $-17^{Cal},2$ pour $I^2O^5$. Il est probable qu'il en est de même pour les acides anhydres. Mais cette réaction ne dégagerait pas d'oxygène, contrairement à ce que j'ai observé.

Quoi qu'il en soit, la décomposition de l'acide iodique par la lumière ne saurait être prise pour mesure de l'énergie photochimique, en raison de l'état solide de cet acide, qui ne permet pas à la réaction de se propager au delà de sa surface; surtout lorsque cette surface est recouverte d'iode condensé.

La formule de l'acide iodique est, on le sait, comparable à celle de l'acide azotique; la formation de l'anhydride azotique cristallisé par les éléments étant pareillement exothermique

| | Cal. |
|---|---|
| $Az^2 + O^5 = Az^2O^5$ crist. | $+11,9$ |
| $I^2$ gaz $+ O^5 = I^2O^5$ crist. | $+61,6$ |

Or on vient de voir que cette comparaison se poursuit entre les réactions photochimiques : les deux anhydrides, aussi bien que leurs hydrates normaux, $AzO^3H$ et $IO^3H$, sont décomposés par la lumière solaire. Leurs décompositions se distinguent, parce que l'acide iodique reproduit ses éléments, iode et oxygène; tandis que l'acide azotique ne fournit pas d'azote libre, mais du peroxyde d'azote, un cinquième seulement de son oxygène devenant libre.

Au contraire, les dissolutions étendues de l'acide iodique, pas plus que celles de l'acide azotique, n'ont été décomposées à froid, en un mois, par la lumière solaire, dans les conditions où j'opérais.

Ajoutons enfin, comme pour l'acide azotique pur, que la lumière décompose l'acide iodique pur à la température ordinaire, suivant le même procédé que la chaleur le fait à une température plus élevée, vers 300°.

### III. — *Décomposition de l'acide iodhydrique.*

La décomposition du gaz iodhydrique, sous l'influence de la chaleur et sous l'influence de la lumière, a été l'objet d'études approfondies de la part de M. Hautefeuille, et surtout de M. Lemoine, qui a publié sur cette question un grand et très important travail.

Le caractère thermique véritable de cette réaction, rapportée à l'état gazeux, est à la limite des phénomènes exothermiques et endothermiques et laisse dès lors quelque incertitude. J'avais admis autrefois que l'union de l'iode gazeux et de l'hydrogène gazeux, à la température ordinaire, absorberait — $0^{Cal},8$. Toutefois, en rectifiant mes calculs d'après les données les plus exactes, j'ai été conduit à admettre en dernier lieu que la combinaison dégage, au contraire, une petite quantité de chaleur (1), soit

$$H + I \text{ gaz} = HI \text{ gaz} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad + 0^{Cal},4$$

Dès lors, la décomposition inverse absorberait — $0^{Cal},4$.

Si l'iode se sépare à l'état solide, elle devient au contraire exothermique : $+ 6^{Cal},4$.

Mais, dans cette condition, le travail purement physique de la condensation de la vapeur d'iode ajoute ses effets aux travaux chimiques qui séparent l'iode de l'hydrogène. En outre, l'iode solide s'élimine presque entièrement du champ

(1) THERMOCHIMIE, *Données et lois numériques*, t. II; p. 14.

de l'action chimique, exercée entre cet élément et l'hydrogène. Dès lors cette action a lieu suivant deux conditions différentes : suivant qu'elle se développe dans la totalité de l'espace occupé par l'hydrogène, opposé à la vapeur d'iode à faible tension, et par conséquent à faible masse relative ; ou bien à la surface de séparation de l'iode solide, là où la masse relative de l'iode est de beaucoup supérieure à celle de l'hydrogène. Ces conditions sont peu favorables à la mesure des énergies susceptibles de déterminer la séparation de l'iode et de l'hydrogène sous l'influence de la lumière.

Une telle séparation a eu lieu, en effet, comme on le savait déjà, et je l'ai reproduite dans les expériences suivantes, qui définissent les débuts et le terme de la réaction.

1. Tube de verre blanc, épais de $0^{mm},5$, rempli de gaz iodhydrique. Capacité : 30 centimètres cubes. Conservé dans l'obscurité. Au bout de cinquante jours, action nulle ; gaz incolore. L'eau l'absorbe ensuite entièrement.

2. Tube semblable. Capacité : 23 centimètres cubes. Lumière diffuse. On opérait sur une table, où aucun rayon solaire direct ne pouvait arriver. Durée : 12 mars-2 juin 1898. Commencement d'une décomposition qui a eu lieu progressivement ; pas d'iode libre apparent, mais un enduit intérieur brun jaunâtre, constitué par du periodure d'hydrogène ($HI^3$?).

Volume d'hydrogène libre formé : $0^{cc},45$ ; ce qui répond à 4 centièmes du gaz iodhydrique décomposé.

Le verre du tube, examiné ensuite avec soin, n'était nullement attaqué, contrairement à ce qui arrive, à une température de 280° et au-dessus.

3. Tube semblable. Capacité : 47 centimètres cubes ; deux heures d'exposition au soleil direct. Formation d'un enduit intérieur brun jaunâtre de periodure d'hydrogène. Volume

d'hydrogène libre formé : $0^{cc},74$ ; ce qui répond à une décomposition de 3 centièmes environ.

4. Tube semblable. Capacité : 45 centimètres cubes. Le tube est placé au centre d'une éprouvette verticale de verre, épaisse de 2 millimètres; ce qui porte l'épaisseur du verre traversé à $2^{mm},5$. Vingt-deux jours d'exposition sur un toit, où la lumière solaire agissait par intermittence. L'enduit brun jaunâtre intérieur produit tout d'abord, à mesure qu'il augmentait, s'est transformé en grande partie en iode cristallisé. Hydrogène libre : $5^{cc},8$ ; ce qui répond à une décomposition du quart environ du gaz primitif.

5. Tube semblable (sans enveloppe). Capacité : 32 centimètres cubes. Cinquante jours d'exposition sur le toit. Iode cristallisé en abondance. Hydrogène libre : 16 centimètres cubes. Gaz légèrement fumant au contact des premières gouttes d'eau.

On voit que le gaz iodhydrique était décomposé à peu près en totalité dans ces conditions, sauf une trace.

Le verre n'était nullement attaqué, comme on s'en est assuré après dessiccation.

M. Lemoine (1) avait observé une décomposition de 80 centièmes, dose qui n'excluait pas la possibilité d'une action limitée et réversible.

6. J'ai également exécuté des expériences en exposant au soleil des tubes de 30 à 50 centimètres cubes environ, remplis de gaz iodhydrique et entourés des fluides ci-dessus désignés, formant une épaisseur concentrique de 2 millimètres, et contenus dans des éprouvettes verticales de verre, épaisses de 4 millimètres. Le tube était assujetti vers le centre de l'éprouvette, sous le liquide, à l'aide d'un fil de

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XII, p. 228; 1877.

cuivre enroulé autour et dont le prolongement vertical s'enfonçait dans un bouchon supérieur. Les résultats com-

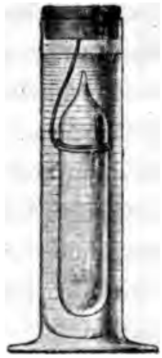


Fig. 3.

paratifs, obtenus au bout de vingt-deux jours, ont été rapportés à 100 volumes du gaz initial, d'après le volume de l'hydrogène devenu libre.

| | Gaz décomposé. |
|---|---|
| Enceinte d'air (déjà signalée)........ | 26 centièmes. |
| » d'eau (iode déposé en cristaux dans l'intérieur du tube)...... | 24 » |
| Enceinte de sulfate de cuivre ammoniacal (polyiodure seul, sans cristaux d'iode)...................... | 4 » |
| Enceinte de bichromate de potasse.. | trace; quelq. millièmes. |
| Dissolution d'iode dans une solution aqueuse de KI........ ........... | 2 centièmes. |
| Dissolution d'iode dans $CHCl^3$ (iode déposé en cristaux dans le tube à gaz iodhydrique)................. | 12 » |

Ces observations concordent avec celles de M. Lemoine et montrent que les radiations efficaces pour décomposer le gaz iodhydrique sont surtout comprises dans le bleu et le violet, de préférence aux radiations transmises à travers le bichromate, ou la solution brune d'iode dans l'iodure de potassium. Cependant celles-ci n'ont pas annulé complètement la réaction La dissolution d'iode dans le chloroforme est plus efficace

pour provoquer celle-ci, parce qu'elle transmet en partie la lumière violette, comme sa teinte l'atteste.

La décomposition de l'acide iodhydrique par la lumière rappelle celle que produit la chaleur. Cependant elle s'en distingue, non seulement parce qu'elle a lieu à la température ordinaire, mais parce qu'elle ne paraît accompagnée d'aucun équilibre, l'iode ne se combinant pas à l'hydrogène sous son influence.

Elle se distingue aussi par la nature du produit initial de la décomposition. En effet, à froid, celle-ci débute en donnant naissance à un periodure d'hydrogène, précédant la séparation de l'iode cristallisé. Ce composé constitue évidemment un intermédiaire ; c'est-à-dire que la décomposition du gaz iodhydrique, par la lumière du moins, ne s'opère pas directement en iode libre et hydrogène.

J'ai signalé ailleurs l'existence de ce periodure dans les dissolutions aqueuses concentrées d'acide iodhydrique ; il correspond au triiodure cristallisé de potassium, $KI^3$. Il est aisément décomposable en iode et acide iodhydrique ; aussi ne paraît-il pas se produire dans la dissociation pyrogénée, si bien étudiée par M. Lemoine.

D'après les résultats observés dans l'état dissous, la chaleur de formation de ce periodure serait positive et voisine de celle que dégage la transformation de l'iode gazeux en iode solide, cette quantité s'ajoutant à la chaleur dégagée par la décomposition du gaz iodhydrique en hydrogène et iode solide. Dès lors, la décomposition du même hydracide en hydrogène libre et periodure

$$3HI = HI^3 \text{ solide} + H \text{ dégagera} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots > 14^{Cal}.$$

c'est-à-dire qu'elle sera, *a fortiori*, exothermique et par conséquent non susceptible de servir de mesure aux énergies lumineuses.

C'est ici le lieu de remarquer que la formation des hydrates dilués de l'acide iodhydrique donne lieu, au point de vue de la résistance aux actions lumineuses, aux mêmes observations que la formation des hydrates dilués, azotique et iodique. En effet, une dissolution d'acide iodhydrique au dixième (en poids), placée dans un tube vide d'air, n'est pas décomposable par l'action de la lumière solaire. J'en ai fait la remarque, il y a longtemps, et M. Lemoine l'a confirmée Cette résistance plus grande s'explique de même, en raison de la chaleur dégagée dans l'hydratation de l'acide iodhydrique, soit $+ 19^{Cal},6$. Telle est l'énergie additionnelle, réclamée par la décomposition de cet acide étendu. La lumière ne la fournit pas.

Il en serait autrement si l'on faisait intervenir une énergie complémentaire, telle que celle de l'oxygène libre, ou contenu dans l'air, lequel décompose, en effet, à froid et rapidement, les dissolutions étendues d'acide iodhydrique

$$2HI \text{ étendu} + O = H^2O + I^2, \text{ dégage } + 49^{C}$$

et même les solutions étendues d'acide bromhydrique. J'ai étudié autrefois cette réaction ; mais elle ne rentre pas dans le cadre de la présente étude.

## IV. — *Acide bromhydrique.*

Le gaz bromhydrique pur, introduit dans des tubes de verre scellés et exposés à la lumière solaire directe, pendant l'espace de quatre mois (mai à juillet 1898), n'a donné aucun indice de décomposition. Il s'est comporté de même, étant exposé au soleil, à la température de 100°, pendant une heure.

Je rappellerai ici l'action accélératrice exercée par la

lumière sur la décomposition de l'eau par le brome, avec formation exothermique de perbromure d'hydrogène (1) (composé en partie dissocié à la température ordinaire),

$$H^2O \text{ liquide} + 2Br^3 \text{ gaz} = 2HBr^3 \text{ dissous} + O \text{ gaz.}$$

Cette réaction dégage

$$(32,3 + 9,4 - 34,5) = +7^{Cal},2.$$

En opérant dans l'obscurité, pendant deux mois, avec 1 litre d'eau et $9^{gr},92$ de brome, le poids de brome disparu a été

| | gr. |
|---|---|
| Dans l'obscurité | 0,32 |
| » la lumière diffuse | 1,12 |
| » la lumière solaire | 1,28 |

La proportion d'acide bromhydrique, HBr, formée dans ces conditions est à celle de l'eau coexistante, $nH^2O$, comme 1:3700. La dissociation du perbromure d'hydrogène concourt à la limiter.

### V. — *Sur les combinaisons et déplacements entre l'oxygène et les éléments halogènes.*

Voici quelques expériences de longue durée. Entreprises le 14 juin, elles ont été terminées le 14 novembre. Il s'agit de réactions de l'oxygène sur l'iode et sur les hydracides, et des actions réciproques.

I. *Iode et oxygène.* — 1. Soient les composés d'iode et d'oxygène et spécialement l'acide iodique anhydre, $I^2O^5$, ou hydraté, $IO^3H$. J'ai montré que cet acide est décomposé lentement en ses éléments, sous l'influence de la lumière

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XIX, p. 424.

solaire, à la température ordinaire, aussi bien que sous l'influence de la chaleur à une température élevée. Mais cette action n'est pas réversible, l'iode et l'oxygène ordinaire ne se combinant directement à aucune température.

Il m'a paru utile de rechercher si la lumière solaire pouvait provoquer une réaction inverse avec l'oxygène ordinaire; comme le fait d'ailleurs l'électricité, qui change cet oxygène en ozone, apte à oxyder l'iode.

A cet effet, j'ai pris un tube de verre mince, bien sec; j'y ai introduit 0gr,0998 d'iode pur, renfermé lui-même dans un très petit tube scellé à la lampe ; j'ai étranglé le gros tube, je l'ai rempli d'oxygène sec, par déplacement, et je l'ai scellé à la lampe. Le volume de l'oxygène ainsi inclus s'élevait à 21 centimètres cubes, d'après la mesure ultérieure de la capacité du tube. J'ai placé ce tube dans un endroit exposé au soleil, pendant cinq mois, du 14 juin au 14 novembre 1898; puis j'ai ouvert le tube sur l'eau.

Le volume du gaz (ramené à la pression et à la température initiales) n'avait pas éprouvé de changement sensible. Le poids de l'iode demeuré libre, dosé par l'hyposulfite, a été trouvé égal à 0gr,100; c'est-à-dire le même qu'à l'origine. Il ne s'était donc pas produit de combinaison : l'action décomposante de la lumière sur l'acide iodique n'est pas réversible.

Cette observation prouve en même temps que l'influence de la lumière solaire sur l'oxygène ordinaire ne le change pas en ozone, du moins dans les conditions d'intensité de l'expérience précédente ; car l'ozone oxyde immédiatement l'iode.

Une expérience semblable et parallèle a été exécutée avec l'iode et l'oxygène, en présence d'une petite quantité d'eau. On a employé 0gr,1024 d'iode. A la fin, on a retrouvé

$0^{gr},1016$ d'iode libre ; poids qui ne diffère du poids initial que par une quantité comprise dans les limites d'erreur. Si elle est réelle, elle serait attribuable à la formation bien connue d'une trace d'alcali, par la réaction lente de l'eau sur le verre.

Une autre expérience, exécutée sur quelques centaines de centimètres cubes d'eau iodée, a indiqué également une dose d'oxygène absorbée inférieure à $\frac{1}{18}$ de milligramme, c'est-à-dire comprise dans les limites d'erreur.

En résumé, dans les conditions connues, l'iode libre ne se combine pas à l'oxygène ordinaire libre, et il ne décompose pas l'eau, ni sous l'influence de la chaleur, ni sous l'influence de la lumière. La dernière réaction entre l'iode et l'eau serait endothermique, même avec le concours de la formation d'un triiodure d'hydrogène ; ce qui explique sa non-réalisation. La combinaison directe serait exothermique ; mais elle exige, pour être déterminée, un travail préliminaire, lequel ne se produit pas dans les conditions ordinaires. Au contraire, on sait que l'acide iodhydrique dissous absorbe lentement l'oxygène sous l'influence de la lumière, et j'ai vérifié de nouveau que cette absorption est totale à froid, même avec l'acide étendu de 4 parties d'eau.

II. ***Brome et oxygène.*** — Le brome et l'oxygène ordinaire libre ne se combinent point, pas plus que le chlore et l'oxygène ordinaire. Cependant le chlore et même le brome décomposent à froid l'eau, avec dégagement d'oxygène (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XIX, p. 524) ; je l'ai vérifié de nouveau. La réaction du brome est à peu près nulle dans l'obscurité, mais sensible sous l'influence de la lumière solaire ; quoique très faible, après tout, si on compare les masses chimiques relatives de l'eau et de l'acide bromhydrique qui demeurent en présence.

La Thermochimie montre que la réaction résulte d'un équilibre déterminé par la formation du perbromure d'hydrogène, dont la chaleur de formation ($+ 43^{Cal},5$) surpasse celle de l'eau ($+ 34^{Cal},5$); mais ce perbromure étant dissocié, sa formation ne saurait dépasser la limite de sa stabilité à la température ordinaire, à laquelle on opère.

Réciproquement, l'acide bromhydrique est décomposé par l'oxygène, réaction facile à haute température. Elle s'exerce même à froid sur l'hydracide à l'état de dissolution concentrée, sous l'influence de la lumière (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XIX, p. 523). La réaction avec l'acide étendu semble nulle de prime abord. Cependant j'ai observé avec un acide au cinquième, exposé à la lumière solaire pendant cinq mois, dans un tube scellé rempli d'oxygène, une trace d'altération, répondant à l'absorption de $0^{gr},0025$ d'oxygène par 30 centimètres cubes de liqueur acide. On voit que la dose de brome mis en liberté dans ces conditions est minime.

Quant à l'acide chlorhydrique, je ne reviendrai pas ici sur les conditions d'équilibre entre l'oxygène et le chlore, opposés vis-à-vis de l'hydrogène, ayant défini autrefois ces conditions (1). Je rappellerai seulement qu'à la température ordinaire l'acide chlorhydrique concentré et pur n'est pas décomposé par l'oxygène : à moins que l'on n'y ajoute quelques traces d'un chlorure peroxydable, tel que ceux de manganèse, ou même de fer; circonstance qui détermine un déplacement de chlore libre, produit par un enchaînement systématique de réactions (2).

Telles sont les circonstances observées dans l'étude des

(1) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 500.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XIX, p. 517.

combinaisons et déplacements réciproques entre l'oxygène et les corps halogènes.

VI. — *Mélanges gazeux divers exposés à la lumière solaire.*

Les expériences suivantes, toutes négatives, ont paru cependant dignes d'être signalées brièvement, pour mieux définir les actions photochimiques.

1. $CO^2 + 2H^2$ secs. Ballon scellé de 160 centimètres cubes. Soleil.

Rapport initial.............. $33{,}9\,CO^2 + 66{,}1\,H^2$.

Exposition au soleil du 26 mars au 4 mai 1898.

Rapport final trouvé........... $34{,}0\,CO^2 + 66{,}0\,H^2$

Absence CO vérifiée.

2. $CO^2 + 2H^2$ humides. 225 centimètres cubes, ballon scellé. Soleil.

Rapport initial............................ 33,3

Mêmes conditions et même durée.

Rapport final trouvé....................... 33,3

Absence CO vérifiée.

3. $CO^2$ sec. 220 centimètres cubes. Soleil. Mêmes conditions et même durée.

A la fin le gaz est absorbable par KOH saturée, jusqu'à la dernière bulle. Ce gaz n'attaquait pas le mercure, comme l'aurait fait la moindre trace d'acide percarbonique. Pas trace de CO.

4. $CO^2$ humide. 320 centimètres cubes. Soleil. Mêmes conditions et même durée.

Mêmes résultats. Pas trace de CO, ni attaque du mercure par le gaz final.

En résumé, aucune trace de gaz carbonique n'a été décomposée par la lumière solaire, dans ces conditions.

5. $CO + 2H^2$ humide. 250 centimètres cubes. Soleil. Mêmes conditions et même durée.

Réaction nulle.

6. CO sec. 275 centimètres cubes. Soleil. Mêmes conditions et même durée.

Réaction nulle. Absence totale de $CO^2$.

7. $SO^2 + 3H^2$, gaz secs, ou humides. Soleil. Un mois. Action nulle.

8. Hydrogène et acide azotique pur. Soleil; dix-neuf jours. L'hydrogène se retrouve en totalité, malgré le dégagement d'oxygène produit par la décomposition propre de l'acide azotique.

Il résulte de cette série d'expériences que la lumière solaire n'exerce pas d'influence spéciale sur l'hydrogène.

9. $CO + 8O^2$ secs. 85 centimètres cubes, tube scellé. Soleil. Du 3 avril au 4 mai 1898.

| | |
|---|---|
| Rapport initial........................... | 11,0 |
| Rapport final trouvé...................... | 11,0 |

Absence de $CO^2$.

10. $CO + 8O^2$ humide; tube scellé: $67^{cc},5$. Soleil; du 3 avril au 4 mai.

| | |
|---|---|
| Rapport initial........................... | 11,0 |
| Rapport final trouvé...................... | 11,0 |

Absence de $CO^2$.

11. CO + O sur le mercure. Lumière diffuse; du 21 avril au 3 mai.

| | |
|---|---|
| Rapport initial CO : O.................... | 10,6 |
| Rapport final trouvé...................... | 10,6 |

Absence totale de $CO^2$.

12. CO + air humide, 82 centimètres cubes. Tube scellé. Soleil ; du 3 avril au 4 mai.

| | |
|---|---|
| Rapport initial CO : air.................. | 16,3 |
| Rapport final trouvé..................... | 16,35 |

Absence totale de $CO^2$.

Le rapport en centièmes de l'azote à l'oxygène dans le mélange final a été trouvé : 20,9 ; c'est-à-dire le même que dans l'air.

Il résulte de ces observations que, en opérant dans des vases scellés à la lampe, la combinaison de l'oxygène et de l'oxyde de carbone, à la température ordinaire, n'a pas pu être observée sous l'influenre de la lumière solaire directe ; pas plus d'ailleurs que sous l'influence de la lumière diffuse, que j'ai étudiée simultanément.

## VII. — *Action de la lumière solaire sur divers oxydes et sels métalliques.*

La décomposition par la lumière des oxydes de mercure, de plomb, d'argent est signalée dans les traités de chimie ; mais, si l'on remonte aux sources, on voit que plusieurs des expériences citées remontent au siècle dernier, et quelques-unes avaient été faites en concentrant la lumière solaire à l'aide d'une lentille : condition où l'élévation de température concourt aux phénoménes, dans une proportion non définie, et que les auteurs de cette époque n'ont pas toujours pris soin d'expérimenter séparément.

J'ai cru utile de répéter ces expériences dans des conditions plus rigoureuses. Elles m'intéressaient d'autant plus qu'elles seraient en général endothermiques, c'est-à-dire effectuées par les énergies lumineuses ; pourvu, bien en-

tendu, que l'on évite l'influence analogue de l'échauffement.

L'*oxyde mercurique* surtout a fourni quelques faits intéressants.

Les résultats sont différents, suivant que l'on opère avec l'oxyde jaune, ou avec l'oxyde rouge, en présence, ou en l'absence de l'eau. J'ai mis en œuvre des tubes scellés et fait l'analyse du gaz final.

1. Oxyde jaune, sec. Quelques décigrammes. Soleil ; du 26 mars au 2 juin 1898. L'oxyde a noirci par places, avec mise à nu de mercure. Oxygène dégagé : $0^{cc},8$.

2. Oxyde jaune, mouillé. La décomposition est plus avancée. Oxygène dégagé : $3^{cc},8$.

3. Oxyde rouge, sec. Soleil, du 26 mars au 27 mai. Quelques globules de mercure. Oxygène dégagé : $2^{cc},3$.

4. Oxyde rouge, mouillé. Soleil. Même durée. Gros globules de mercure. Oxygène dégagé : $19^{cc},1$.

D'après ces chiffres, l'oxyde rouge de mercure se décompose plus rapidement que l'oxyde jaune ; ce qui tient probablement à sa couleur, et ce qui contraste avec sa cohésion plus grande, laquelle le rend plus difficilement attaquable par les agents chimiques proprement dits.

En outre, la présence de l'eau, en dose notable, accroît la décomposition dans une forte proportion ; circonstance d'autant plus singulière que les oxydes mercuriques ne forment pas d'hydrates, et que cette formation ne saurait même être soupçonnée avec l'oxyde rouge. Cet accroissement paraît dû à une condition d'ordre physique. En effet, la réflexion de la lumière sur l'eau et sa réfraction, tant à la surface de l'eau qu'aux points de contact de l'eau et des particules solides, en transmettent l'action jusque dans les profondeurs d'une masse pulvérulente ; tandis qu'en l'absence de l'eau, les particules de cette masse sont atteintes seulement

à leur surface extérieure, et suivant des directions limitées par l'action directe des rayons parallèles du soleil.

La décomposition de l'oxyde mercurique se produit également, comme on sait, sous l'influence de la chaleur, mais à une température voisine de l'ébullition du mercure. Elle est endothermique :

$$HgO \text{ jaune ou rouge} = Hg + O \ldots\ldots\ldots\ldots \quad -21^{Cal},5$$

mais cette décomposition ne peut servir à mesurer les énergies photochimiques, en raison de l'état solide de cet oxyde, qui limite la réaction à la surface de la masse, ainsi qu'il a été dit plus haut.

5. L'*oxgde mercureux noir* (préparé avec l'acétate mercureux et la potasse, puis lavé avec soin) a été placé tout humide dans un tube vide, scellé et exposé au soleil pendant un mois (mai 1898) ; il a jauni par places et fourni une petite quantité de mercure libre. Production de gaz nulle.

6. L'*oxyde puce de plomb* a été placé dans un tube où l'on a fait le vide, et on l'a exposé au soleil un mois. On n'a pas observé de gaz, ni de décomposition apparente ; contrairement aux assertions des anciens auteurs, qui auront sans doute opéré avec une lentille. Cette observation s'applique aussi à l'expérience suivante.

7 et 8. *Oxyde d'argent :* un échantillon sec et un échantillon humide ont été déposés dans deux tubes de verre, que l'on a scellés après y avoir fait le vide. Un mois ; soleil (mai 1898). Pas trace de gaz.

Les *chlorure*, *bromure*, *iodure mercuriques* purs, $HgCl^2$, $HgBr^2$, $HgI^2$, secs ou humides, exposés à la lumière solaire en tubes scellés, du 26 mars au 28 mai 1898, sont demeurés inaltérés. La réduction de ces sels a cependant été observée dans les préparations pharmaceutiques ; mais elle doit

être attribuée à la présence et à l'action réductrice des matières organiques.

C'est ce que j'ai d'ailleurs constaté directement, en opérant avec l'acétate mercurique et l'acétate mercureux, placés dans des tubes vides, scellés et exposés au soleil, du 11 mai au 17 juin 1898. J'ai opéré simultanément avec chacun de ces deux sels, pris sec et pris humide. Dans tous les cas, le sel a noirci à sa surface, la partie recouverte demeurant blanche, et il s'est dégagé un peu d'acide carbonique ; la dose de ce gaz étant plus forte avec le sel humide qu'avec le sel sec.

Ce sont là des réactions exothermiques, attribuables à l'action oxydante des sels et sur lesquelles il n'y a pas lieu de nous étendre davantage.

## VIII. — *Action de la lumière sur les sels haloïdes d'argent.*

Cette action a été le point de départ de la photographie ; aussi a-t-elle donné lieu à une multitude d'observations intéressantes, mais qui laissent subsister diverses obscurités, au point de vue de la théorie.

Je rappellerai les faits suivants, bien connus d'ailleurs, et que j'ai spécialement reproduits, en y ajoutant quelques commentaires au point de vue du présent chapitre.

Le chlorure d'argent sec, préparé dans une chambre noire, est blanc ; mais il noircit à la lumière, en dégageant du chlore gazeux, et en formant, soit de l'argent métallique, soit un sous-chlorure. La réaction est endothermique dans les deux cas, à peu près avec la même valeur :

| | |
|---|---|
| $AgCl = Ag + Cl$ gaz, absorbée ............ | $-29^{Cal}$ |
| $2AgCl = Ag^2Cl + Cl$ ...................... | $-28^{Cal},5$ |

Mais le chlore observé ne représente qu'une fraction du chlore réellement mis en liberté par l'action de la lumière

dans le cours de l'expérience; attendu que cet élément tend continuellement à se recombiner, tant avec l'argent qu'avec le sous-chlorure d'argent. Cette action exothermique s'exerce pendant les intervalles d'obscurité et de faible action lumineuse. Les surfaces éclairées varient d'ailleurs avec les heures du jour, qui changent la direction des rayons lumineux. Dès lors, le chlore obtenu représente la différence entre les actions contraires de la lumière et des affinités chimiques, actions exercées avec des vitesses inégales, qui dépendent de l'intensité variable des radiations lumineuses, ainsi que de l'étendue, de la couleur et du caractère des surfaces solides : je veux dire tant du chlorure primitif que de l'argent et du sous-chlorure, résultant de sa décomposition. Les actions lumineuses sont ainsi opposées à la tension (également variable) du chlore qui se dégage et qui demeure en contact avec les mêmes surfaces. De tels effets ne sauraient donner lieu à un équilibre permanent.

Le chlorure d'argent, placé sous une couche d'eau dans un tube scellé et exposé au soleil, se décompose également; au bout d'un certain temps, on ne retrouve pas de chlore libre, mais, à la place, de l'acide chlorhydrique et de l'oxygène, comme je l'ai vérifié,

$$2\,AgCl + nH^2O = Ag^2 + O + 2\left(HCl, \frac{n-1}{2} H^2O\right), \text{ absorbe.....} \quad -48^{Cal},2$$

Cette réaction est endothermique, comme la précédente; elle est également réversible sous l'influence du temps, l'argent étant susceptible d'être attaqué peu à peu par la réaction simultanée de l'oxygène et de l'acide chlorhydrique, réaction inverse et exothermique.

En raison de ces circonstances, aussi bien que de l'état solide du corps mis en expérience, on ne saurait employer

la décomposition du chlorure d'argent, sec ou humide, pour mesurer les énergies photochimiques.

---

D'après l'ensemble de ces observations :

1° La mesure des énergies lumineuses transformables en énergies chimiques doit être obtenue par l'étude des réactions endothermiques ; ce qui exclut les phénomènes d'oxydation ou de combinaison, susceptibles de dégager de la chaleur.

2° Ces réactions ne doivent être réversibles, ni sous l'influence de la lumière, ni sous l'influence seule des affinités chimiques, agissant à la température ordinaire ; comme il arrive pour le chlore séparé du chlorure d'argent sous l'influence de la lumière, ce chlore tendant continuellement à se recombiner à l'argent. Au contraire, la décomposition de l'acide iodique en iode et oxygène ; celle de l'oxyde de mercure en métal et oxygène ; celle de l'acide azotique en peroxyde d'azote, oxygène et eau, peuvent être employées. Celle de l'acide iodhydrique gazeux offre un caractère incertain, au point de vue thermochimique.

3° Cette mesure s'applique seulement à l'effet des radiations absorbables par le corps décomposé, radiations spéciales suivant chaque substance mise en expérience, et qui réclament dès lors une étude individuelle.

4° Les effets chimiques produits par l'action de la lumière pendant un certain temps ne sauraient être ajoutés, de façon à permettre d'en faire la sommation, que si l'on opère sur des systèmes fluides, tels que des gaz ou des liquides, et donnant naissance à des produits également fluides. En effet, en raison des courants qui s'établissent dans de pareils systèmes, l'état fluide permet à toutes les parties de la

matière de venir successivement en contact avec la surface où s'exercent les actions lumineuses.

Dans ces conditions mêmes, il est nécessaire de tenir compte de l'action absorbante exercée sur les rayons efficaces, tant par les enveloppes (verre) que par les couches gazeuzes ou liquides, successivement traversées par les rayons lumineux. C'est alors seulement qu'il y aura lieu de totaliser les actions actinométriques, exercées pendant le même temps, et de les comparer avec la somme des énergies chimiques, répondant aux réactions que la lumière aura provoquées.

5° Les systèmes solides sont impropres à la mesure des énergies photochimiques, parce que l'action ne s'exerce qu'à leur surface; les particules décomposées protégeant le reste de la masse. Cependant, en opérant avec des systèmes imbibés par un liquide, ce dernier peut donner lieu à des réflexions et réfractions qui propagent l'action; mais on ne saurait atteindre ainsi à une répartition uniforme des énergies lumineuses.

6° Comparons l'action chimique des radiations lumineuses à l'action chimique de l'échauffement. L'action photochimique est analogue à cette dernière, dans la plupart des cas ; mais elle se produit à une température plus basse, susceptible de donner lieu à des composés qui seraient instables à une plus haute température. En outre, les réactions produites par la lumière ne sont pas toujours réversibles, ni sous l'influence même de la lumière, ni sous l'influence des affinités directes : quoique celles-ci puissent donner lieu, dans certains cas, à des équilibres d'un caractère tout particulier. Enfin et surtout, toute décomposition peut être effectuée en principe par l'acte de l'échauffement ; tandis que l'acte de l'illumination développe seulement certaines réactions chimiques. Les

réactions photochimiques même dépendent de l'espèce des radiations, toutes n'étant pas également efficaces.

Ces observations mettent en évidence les conditions d'opposition et d'équivalence entre les actions chimiques et les actions lumineuses, conditions à la fois analogues et dissemblables avec les conditions d'opposition et d'équivalence entre les actions chimiques et les actions pyrogénées, aussi bien qu'entre les actions chimiques et les actions déterminées par l'effluve électrique.

# TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

## LIVRE II

### Sur les actions chimiques produites par les énergies lumineuses.

*ERRATA*. — Page 181, au milieu.

Au lieu de :

$$C^nH^mO^p + AzH - rHO$$

Lisez :

$$C^nH^mO^p + AzH^3 - rH^2O$$

3930-99. — CORBEIL. Imprimerie ÉD. CRÉTÉ.

Corbeil. Imprimerie Ed. Crété.